

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

# Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947  
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



**Ciencias del**  
**Agro**  
**Ingeniería**  
**y Tecnología**

**Año 12 N° 32**

**Enero - Abril 2021**

**Tercera Época**

**Maracaibo-Venezuela**

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD  
DEL ZULIA  
Tercera Época  
Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología

AÑO 12 N° 32 ENERO-ABRIL 2021

---

Fundada en 1947 por el Dr. Jesús Enrique Lossada  
Adscrita a la Cátedra Libre Historia de la Universidad del Zulia



---

## PUBLICACIÓN AUSPICIADA POR LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA

---

Indizada, registrada y/o catalogada  
electrónicamente en las siguientes bases de datos:

REVENCYT

LATINDEX

Actualidad Iberoamericana

CLASE

PERIÓDICA

Emerging Sources Citation Index (ESCI).

BIBLAT-Bibliografía Latinoamericana

FLACSO-Argentina

WOS

EZB- Elektronische Zeitschriftenbibliothek-  
Universität Regensburg

Linkovaci Server SFX- Univerzita Karlova

UBL -Universitas Bibliothek Leipzig

ZDB- Zeitschriften Datenbank

BSZ Bibliotheksservice Zentrum Baden-  
Württemberg

Issuu:

<http://Issuu.com/revistadelauniversidaddelzulia>

### REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA

©2021. Universidad del Zulia

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

Esta publicación científica en formato digital es continuidad de la revista impresa

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

Portada:

Concepto gráfico: Laura González

Diagramación final: Reyber Parra

#### REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Calle 67 (prolongación Cecilio Acosta) con Avenida 16 (Guajira)  
Sede rectoral de la Universidad del Zulia. Edificio Fundadesarrollo  
Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.  
Correo electrónico: [revistadeluz@gmail.com](mailto:revistadeluz@gmail.com)

# Revista de la Universidad del Zulia

## Tercera Época

---

ISSN 0041-8811 E-ISSN 2665-0428

El Dr. Jesús Enrique Lossada, luego de trabajar infatigablemente hasta lograr la reapertura de la Universidad del Zulia, el 01 de octubre de 1946, le aportó a esta institución su primera revista científica: la *Revista de la Universidad del Zulia*, fundada por este insigne zuliano, el 31 de mayo de 1947. En su Tercera Época la revista mantiene la orientación que le asignara su fundador: es un órgano científico de difusión de trabajos parciales o definitivos de investigadores y/o equipos de investigación nacionales y extranjeros. La revista posee un carácter multidisciplinario, por ello su temática se divide en tres grandes ejes: a. ciencias sociales y arte; b. ciencias del agro, ingeniería y tecnología; c. ciencias exactas, naturales y de la salud. Su publicación es cuatrimestral. Cada número, de los tres del año, se corresponde con uno de los tres ejes temáticos. La *Revista de la Universidad del Zulia*, por su naturaleza histórica y patrimonial, está adscrita a la Cátedra libre Historia de la Universidad del Zulia.

### Directores y Responsables Eméritos

Jesús Enrique Lossada  
José Ortín Rodríguez  
José A. Borjas Sánchez  
Felipe Hernández  
Antonio Borjas Romero  
César David Rincón  
Sergio Antillano

### Directora

Imelda Rincón Finol (LUZ)

### Editor-Coordenador

Reyber Antonio Parra Contreras (LUZ)

### Comité Editorial

Imelda Rincón (LUZ)  
Reyber Parra (LUZ)  
Mario Ayala (Universidad Nacional de  
Tierra del Fuego UNTDF, Argentina)  
José Lárez (UNERMB)  
Diego Felipe Arbeláez (Revista Amazonia  
Investiga, Colombia)  
Magda Julissa Rojas-Bahamón (I.E. Jorge  
Elicer Gaitán, Colombia)

### Comité Asesor

Nelson Márquez (LUZ)  
Judith Aular (LUZ)  
Rutilio Ortega (LUZ)  
Tahís Ferrer (LUZ)  
Alí López (ULA)  
María Dolores Fuentes Bajo (Universidad  
de Cádiz, España)  
Néstor Queipo (LUZ)  
Ana Irene Méndez (LUZ)  
Modesto Graterol (LUZ)  
Tomás Fontaines (UTM Ecuador)  
Enrique Pastor Seller (Universidad de  
Murcia, España)  
Lourdes Molero (LUZ)  
Marielis Villalobos (LUZ)  
Teresita Álvarez (LUZ)  
Jesús Medina (LUZ)



# Autoridades

Judith Aular de Durán (E)

*Rectora*

Cleotilde Navarro

*Vice Rector Académico (E)*

Marlene Primera

*Vice Rectora Administrativa (E)*

Ixora Gómez (E)

*Secretaria*

Imelda Rincón Finol

Reyber Parra Contreras

*Cátedra Libre*

*Historia de la Universidad del Zulia*

# Contenido

- 4-6 Jorge J. Villasmil Espinoza  
*Implicaciones de la inteligencia artificial para la humanidad // Implications of artificial intelligence for humanity*
- 7-23 Carlos Alberto Contreras Verteramo, José Antonio Rangel Lucio, Sonia Antonieta Gallina Tessaro, Brenda Alvarado Sánchez  
*Variación estacional de testosterona fecal y desarrollo de astas en una subespecie tropical de venado cola blanca (Odocoileus virginianus) de la región Huasteca, México // Seasonal changes of fecal testosterone and antler development in a tropical white-tailed deer (Odocoileus virginianus) subspecies of the Huasteca region, Mexico*
- 24-34 Sergej V. Votrin, Sergej I. Vorobyev, Sergey B. Bolevich, Aleksandra S. Orlova, Denis D. Gudanovich  
*Efficiency of the use of perfluorocarbon gas transport drugs for various forms of anemia in animals // Eficiencia del uso de fármacos en el transporte de gas perfluorocarbonado para diversas formas de anemia en animales*
- 35-53 Héctor Acacio Zerpa Ramírez, Henry Izquierdo, Ricardo Chaparro  
*Modelo conceptual de productividad agrícola rural // Conceptual model of rural agricultural productivity*
- 54-69 Arnaldo Vergara-Romero, Rafael Sorhegui-Ortega, César Salvador-Guerra  
*La soberanía alimentaria en el desarrollo local // Food sovereignty in local development*
- 70-86 Gamlet Y. Ostaev, Inna A. Mukhina, Elena V. Alexandrova, Elena V. Belokurova, Lyudmila G. Titova  
*Development of a methodology for determining the financial security of rural areas // Desarrollo de una metodología para determinar la seguridad financiera de las zonas rurales*
- 87-101 Danil Alekseevich Zyukin , Olga Nikolaevna Pronskaya, Olga Viktorovna Svyatova, Artem Alekseevich Golovin, Olga Viktorovna Pshenichnikova, Olga Vyacheslavovna Petrushina  
*Directions and prospects for expanding the export of russian wheat // Directrices y perspectivas para expandir la exportación de trigo rusof*
- 102-113 A.L. Silaev, E.V. Smolsky, G.V. Chekin, V. Yu. Simonov, A. Novikov  
*Possibility of using technogenically polluted floodplain landscapes // Posibilidad de utilizar llanuras aluviales contaminadas tecnogénicamente*

- 114-126 Diego Alejandro Pulache Celi, William Rolando Miranda Zamora, Luis Manuel Zamora Valladares, Nelly Luz Leyva Povis  
*Atributos de penetración de calor en langostinos procesados térmicamente en envases de vidrio // Heat penetration attributes in thermally processed prawns in glass containers*
- 127-138 Igor A. Murog, Valery F. Gnido, Elena V. Tinina, Igor A. Ilchuk, Tatiana A. Asayeva  
*Simulation of thermal processes on the electrode of a miniature protective spark gap // Simulación de procesos térmicos en el electrodo de una brecha de chispa protectora en miniatura*
- 139-158 Eli Morales Rojas, Edwin Adolfo Díaz Ortiz, Ligia García, Jaris Veneros Guevara, Segundo Chavez Quintana, Cesar Augusto Medina Tafur  
*Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en los lagos de Tunants y Yahuahua, en la región Amazonas, Perú // Physical-chemical and microbiological water quality in two lakes of Tunants and Yahuahua, in the Amazon region, Peru*
- 159-174 Andreina Fernández Álvarez, Teresita Álvarez de Fernández, Angelina Fernández Álvarez, Janett Flores Nava, Sedolfo Carrasquero Ferrer  
*Medición de los niveles de ruido ambiental en la Parroquia Juana de Ávila de la ciudad de Maracaibo, Venezuela // Measurement of ambient noise levels in Juana Avila Parish, Maracaibo-Venezuela*
- 175-189 Carmen Elvira Rosas-Prado, Max Fernando Urbina Cárdenas, Hugo Redib Espinoza Rodríguez, Carla Angélica Reyes Reyes  
*Manejo integral de los residuos sólidos para mejorar la salud pública del distrito José Leonardo Ortiz, Chiclayo, 2019 // Comprehensive management of solid waste to improve public health in the José Leonardo Ortiz district, Chiclayo, 2019*
- 190-206 John Eduardo Valle de la Cruz, Rafael Gilberto Zhindon Almeida, Jonathan Alexander Ruiz Carrillo  
*Condiciones de optimización del desgaste de neumáticos radiales para buses de transporte // Radial tire wear optimization conditions for transport buses*
- 207-239 Edson Pacheco Paladini, Bismayda Gómez Avilès, Geonel Rodriguez Perez, Noel Cardoso Nunez, Jean Carlos Araldi  
*Quality improvement of energy management: an analysis of industries in a developing country // Mejora en la calidad de la administración de energía: un análisis de las industrias en un país en desarrollo*
- 240-260 Cesar Arturo Niño Carmonal, Manuel-Jesús Sánchez-Chero, Emanuel Ortiz Ortiz, Juan Carlos Sernaque Julca, Cecilia Lizeth Risco Ipanaque

- Red neuronal convolucional usando VHDL para entrenar un clasificador de objetos en una imagen // Convolutional neural network using VHDL to train an object classifier on an image*
- 261-283 Isaida Flores Berenguer, Jenny García Tristá, Yoermes Glez Haramboure  
*Evaluación de la estabilidad de taludes en presas de tierra empleando Redes Neuronales Artificiales // Evaluation of slope stability in earth dams using Artificial Neural Networks*
- 284-316 Vicente Tirado-Kulieva, William Rolando Miranda Zamora, Nelly Luz Leyva Povis  
*Análisis crítico del potencial del plasma frío como tecnología no destructiva en el procesamiento alimentario: situación actual y tendencias futuras // Critical analysis of the potential of cold plasma as a non-destructive technology in food processing: current situation and future trends*
- 317-329 Gelper Silva Valqui, Tito Sanchez Santillan, Segundo Grimaldo Chavez Quintana, Jardy Chichipe Oyarce, Segundo Manuel Oliva Cruz  
*Influencia de sustratos en el crecimiento y desarrollo de tomate (Lycopersicum esculentum Mill) cultivado bajo un sistema hidropónico en invernadero // Influence of substrates on the growth and development of tomato (Lycopersicum esculentum Mill) grown under a hydroponic system in a greenhouse*
- 330-343 Eder Nicanor Figueroa Piscocoya, Gilberto Carrión-Barco, Manuel-Jesús Sánchez-Chero, Andrés Heleodoro Figueroa Alvarado, Walter Antonio Figueroa Neyra  
*Modelo de calidad para plataformas e-learning basado en normas ISO/IEC 25000 // Quality model for E-learning platforms based on ISO/IEC 25000 standards*
- 344-357 Gilberto Carrión-Barco, Manuel-Jesús Sánchez-Chero, Consuelo Ivonne Del Castillo Castro, Freddy William Campos Flores, Marcos Timaná Alvarez  
*Modelo de seguridad informática para un medio de conexión pública // Computer security model for a public connection medium*
- 358-373 Cesar Arturo Niño Carmonal, Manuel-Jesús Sánchez-Chero, Emanuel Ortiz Ortiz, Juan Carlos Sernaque Julca, Cecilia Lizeth Risco Ipanaqué  
*Evaluación del rendimiento de las arquitecturas de hardware HPS y HPS+FPGA para un sistema de procesamiento de imágenes // Performance evaluation of HPS and HPS+FPGA hardware architectures for an image processing system*
- 374-399 Oscar Mauricio Romero Hidalgo, Marcia Fabiola Jaramillo Paredes, Martha Cecilia Aguirre Benalcázar, Cesar Javier Quezada Abad  
*Modelos gerenciales en las medianas empresas de Ecuador y Perú // Management models in medium-sized enterprises in Ecuador and Peru*
- 400-413 Daniel Rubén Tacca Huamán

*Desarrollo de habilidades investigativas desde la experiencia de los estudiantes de Ingeniería // Development of research skills from the experience of Engineering students*

- 414-443** Mohammad Bagher Arayesh, Mostafa Rezaeirad, Mohammad Aidi, Tohfeh Ghobadi Lamoki  
*Thematic analysis on a model of implementation of open and technological banking in commercial banks in Iran // Análisis temático sobre un modelo de implementación de banca abierta y tecnológica en bancos comerciales de Irán*
- 444-459** Oksana Myronets, Viktor Olefir, Ivan Golosnichenko, Yuriy Pyvovar  
*Legal technologies as instruments of civil aviation safety improvement in conditions of the fight against COVID-2019 // Tecnologías legales como instrumentos para la mejora de la seguridad de la aviación civil en las condiciones de la lucha contra COVID-2019*
- 460-485** Viktoriia Holubieva, Liliia Nevara, Serhiy Savchuk, Andriy Detiuk, Valerii Tatsienko  
*International experience on the improvement of national management technology and legal regulation of public contracts // Experiencia internacional en la mejora de la tecnología de gestión nacional y regulación legal de la contratación pública*
- 486-499** Hanna O. Prymachenko, Anton O. Kovalov, Hanna I. Shelekhan, Julia V. Shuldiner, Yelyzaveta I. Hryhorova  
*The organization technology of Ukrainian logistic operators' work on an e-commerce basis // La tecnología de organización del trabajo de los operadores logísticos ucranianos sobre la base del comercio electrónico*
- 500-520** Natalia Bobrova, Anton Lebedev, Larisa Tsybina, Iuliia Pinkovetskaia  
*The issue of the information technology and technical terminology translatability from English into Russian: the typology and the nominative density levels // La cuestión de la traducción de la terminología técnica y la tecnología de la información del inglés al ruso: la tipología y los niveles de densidad nominativa*
- 521-524** Roberto Carlos Dávila Morán  
*RESEÑA: Annika Zorn, Jeff Haywood and Jean Claude Glachant (2018). Higher Education in the Digital Age. Edward Elgar Publishing*

## Implicaciones de la inteligencia artificial para la humanidad

Jorge J. Villasmil Espinoza \*

A menudo se acepta que la inteligencia artificial AI, tiene una fuerza inusitada para transformar la civilización humana en su conjunto o, como bien señala Harari Noah (2015), para convertir a la persona humana en una entidad diferente capaz de integrar continuamente, en su esencia y existencia, los aportes de la ingeniería genética, la nanorrobótica y la AI para impulsar su proceso evolutivo y reducir significativamente los límites materiales y simbólicos de sus capacidades. ¿La IA viene a complementar la dignidad humana? A ciencia cierto lo único que está claro por el momento es que en el futuro próximo esta tecnología rebasará a la ciencia ficción.

Tal como indican Brito Paredes, Villavicencio Aguilar y Sánchez Saca (2019), la IA es un:

...tipo particular de inteligencia tecnológica que, aunque tiene su punto de inicio en las personas, que es su artífice y causa primaria, puede funcionar con independencia y autonomía frente a la misma, llegando incluso a superar en muchos aspectos las capacidades cognitivas y procedimentales de la humanidad. (2019: 261).

En la definición citada, se destaca la independencia y la autonomía de la IA y su capacidad para superar en muchos aspectos las habilidades y destrezas (cognitivas y procedimentales) de las personas. Esta realidad no tiene que ser --por sí misma-- problemática y a la postre todo dependerá de los usos y abusos que se haga de esta tecnología que en su doble manifestación de hardware y software, ya está presente en nuestra vida cotidiana, en los motores de búsqueda de la web que vienen a anticipar nuestras preferencias en el acceso a la información, o también en los algoritmos de búsqueda de las plataformas de *streaming* que, como Netflix, nos muestra contenidos acordes con nuestros gustos, entre otros.

\*Doctor en Ciencia Política, profesor titular en la Universidad del Zulia. Editor responsable de *Cuestiones Políticas*. E-mail: [jvillasmil52@hotmail.com](mailto:jvillasmil52@hotmail.com); [jvillasmil@fcjp.luz.edu.ve](mailto:jvillasmil@fcjp.luz.edu.ve) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0791-3331>.

También podríamos suponer que en las próximas décadas muchas actividades laborales, intelectuales y de trabajo físico, van a ser desarrolladas por robots inteligentes de forma satisfactoria incrementando en su decurso el desarrollo sostenible y el tiempo libre de las personas para el esparcimiento y la formación integral. En un mundo así, incluso pudiéramos suponer que la IA pudiera venir a remediar las crisis de la democracia, impulsada en buena medida por gobiernos corruptos e ineficientes que actúan en función de interés particulares que en nada tienen que ver con el logro del bienestar social.

En este contexto, muchas de las grandes decisiones políticas en materia de gestión de conflictos, administración de recursos y organización de comunidades, pueden ser tomadas por ordenadores cuánticos con base a criterios técnicos preestablecidos por programadores, democráticamente electos, que actúen bajo la filosofía del gobierno abierto y la sociedad del conocimiento, sin necesariamente tener ninguna militancia partidista. Sería en buena medida el gobierno de la ciencia o el advenimiento de una nueva tecnocracia postmoderna.

De hecho, la construcción de un nuevo contrato social (Calvano, 2019; Márquez, 2020) que venga a subsanar lo que en trabajos anteriores he definido como la fragilidad de las civilizaciones humanas (Villasmil Espinoza, 2020), configurada por fenómenos geopolíticos internacionales como el calentamiento global, la pobreza, la inequidad de género o las violaciones sistemáticas de los derechos humanos impulsadas por estados autoritarios, tienen en la IA una herramienta transversal con mucho que aportar en el plano político, económico, social y cultural, cuando se busca construir gobernabilidad y gobernanza desde perspectivas científicas que trasciendan los dogmas ideológicos y los prejuicios partidarios.

No obstante, no debe suponerse que todo lo concerniente a la IA es siempre bueno y constructivo y que, por lo tanto, debe asumirse acríticamente sin el desarrollo de un debate polifónico capaz de develar todas las aristas del fenómeno, de cara a potenciar su conocimiento profundo y la reflexión sistemática al respecto. En este sentido, se justifican preguntas como: ¿Puede el uso generalizado de la IA potenciar los mecanismos formales e informales de control social, tal como presagia la polémica serie *Black Mirror*? ¿Una organización social dirigida por “maquinas inteligentes” es un ordenamiento reprochable desde todo punto de vista por su carácter deshumanizado? Obviamente, que la respuesta a estas y otras preguntas similares

sobrepasa los límites de estas reflexiones, pero, incitan a futuros investigadores a seguir indagando en las implicaciones del tema.

La *Revista de la Universidad del Zulia* es uno de los muchos espacios editoriales donde estos temas trascendentales son analizados, con miras a ofrecer perspectivas en torno al desarrollo de la humanidad. En su edición 32 (Tercera Época), encontramos un conjunto de artículos relacionados con las áreas de Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología. Nos complace que, luego de 74 años de recorrido, la *Revista de la Universidad del Zulia* siga siendo parte importante del quehacer institucional de la Universidad del Zulia.

## Referencias

- Brito Paredes, P., Villavicencio Aguilar, C., & Sánchez Saca, P. (2019). Reflexiones sobre posibles conflictos entre la inteligencia artificial y el futuro de la sociedad. *Revista de la Universidad del Zulia*, 10 (28), 260-280.
- Calvano Cabezas, L. (2019). Apuntes sobre los desafíos que entraña el nuevo contrato social para Colombia en tiempos del postconflicto. *Cuestiones Políticas*, 14-29.
- Harari Noah, Y. (2015). *Homo Deus Breve historia del mañana*. Barcelona: Debate.
- Márquez Ramírez, Jesús Alberto (2020). Aportes de la Modernidad al desarrollo de la teoría democrática, *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 2 (2), 69-92. DOI: <https://doi.org/10.38186/difcie.22.06>
- Villasmil Espinoza, J. (2020). La fragilidad de la civilización humana. *Cuestiones Políticas*, 10-14.

## Variación estacional de testosterona fecal y desarrollo de astas en una subespecie tropical de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) de la región Huasteca, México

Carlos Alberto Contreras Verteramo \*

José Antonio Rangel Lucio \*\*

Sonia Antonieta Gallina Tessaro \*\*\*

Brenda Alvarado Sánchez \*\*\*\*

### RESUMEN

Objetivo: analizar la relación entre el nivel de testosterona en heces fecales y el ciclo de las astas, así como determinar el período reproductivo del venado cola blanca (*O. v. veraecrucis*) en función del hábitat de cuatro Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) de la región Huasteca de Veracruz y San Luis Potosí, México. Método: El estudio se realizó en cuatro ranchos ganaderos registrados como UMA, ubicados en los estados de Veracruz y San Luis Potosí, en la región Huasteca de México. Se evaluaron veintisiete muestras fecales y ciento noventa y dos imágenes fotográficas de machos de venado cola blanca para identificar el patrón reproductivo anual. Las muestras e imágenes se recolectaron entre febrero de 2015 y julio de 2016. La concentración de testosterona en heces se determinó mediante pruebas ELISA. Se realizaron análisis estadísticos de regresión lineal y correlación para identificar la relación de la concentración de testosterona con el crecimiento promedio de las astas, de escalamiento multidimensional no métrico para la ordenación de los valores de concentración de testosterona observados, etapa de crecimiento de las astas y variables ambientales. Para agrupar los meses en que los animales presentan características reproductivas similares se aplicó un análisis de k-medias. Resultados: Fue posible identificar una relación positiva entre la variación anual de los niveles de testosterona y las etapas del ciclo de astas; las menores concentraciones hormonales ocurrieron de marzo a junio y coincidieron con la muda y crecimiento de astas nuevas, permitiendo identificar este lapso como no reproductivo, mientras que, entre julio y febrero el nivel de testosterona se mantuvo elevado, coincidiendo con la presencia de astas osificadas y libres de terciopelo, indicador de actividad reproductiva en los machos.

PALABRAS CLAVE: aprovechamiento sustentable; cérvidos; ciclo reproductivo; conservación; manejo de fauna.

\* Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria; Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. E-mail: [contrerc@itspanuco.edu.mx](mailto:contrerc@itspanuco.edu.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7848-9545>

\*\* Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. E-mail: [antonio.rangel@itvictoria.mx](mailto:antonio.rangel@itvictoria.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4055-6527>

\*\*\* Instituto de Ecología A. C. E-mail: [sonia.gallina@inecol.mx](mailto:sonia.gallina@inecol.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8941-5186>

\*\*\*\* Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca Universidad Autónoma de San Luis Potosí. E-mail: [balvarado@uaslp.mx](mailto:balvarado@uaslp.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6077-2665>

Recibido: 11/09/2020

Aceptado: 30/10/2020

## Seasonal changes of fecal testosterone and antler development in a tropical white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) subspecies of the Huasteca region, Mexico

### ABSTRACT

Objective: to analyze the relationship between the level of testosterone in feces and the antler cycle, as well as to determine the reproductive period of the white-tailed deer (*O. v. Veraecrucis*) based on the habitat of four Management Units for the Conservation of Vida Silvestre (UMA) from the Huasteca region of Veracruz and San Luis Potosí, Mexico. Method: The study was carried out in four cattle ranches registered as UMA, located in the states of Veracruz and San Luis Potosí, in the Huasteca region of Mexico. Twenty-seven fecal samples and one hundred and ninety-two photographic images of male white-tailed deer were evaluated to identify the annual reproductive pattern. The samples and images were collected between February 2015 and July 2016. Stool testosterone concentration was determined using ELISA tests. Statistical analyzes of linear regression and correlation were carried out to identify the relationship of the testosterone concentration with the average growth of the antlers, non-metric multidimensional scaling for the ordering of the observed testosterone concentration values, growth stage of the antlers and environmental variables. To group the months in which the animals present similar reproductive characteristics, a k-means analysis was applied. Results: It was possible to identify a positive relationship between the annual variation of testosterone levels and the stages of the antler cycle; the lowest hormonal concentrations occurred from March to June and coincided with the molting and growth of new antlers, allowing to identify this period as non-reproductive, while, between July and February, the level of testosterone remained high, coinciding with the presence of ossified antlers. and velvet free, an indicator of reproductive activity in males.

KEY WORDS: sustainable use; cervids; reproductive cycle; conservation; wildlife management.

### Introducción

Entre las especies de cérvidos que se distribuyen en México, el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Zimmermann, 1780), es el más importante desde la perspectiva de aprovechamiento cinegético (Clemente *et al.* 2015). Esta especie se distribuye en la mayor parte del territorio mexicano exceptuando la península de Baja California, con registros de densidad poblacional entre 0.37 y 28.0 ind/km<sup>2</sup>; estas características contribuyen al valor

ecológico, económico y cultural de la especie (Halls 1984; Gallina y López 2008; Beltrán y Díaz de la Vega 2010; Gallina *et al.* 2010; Piña y Trejo 2014).

A partir de la creación del sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) en 1997, para aprovechar especies de fauna como el venado cola blanca, es necesario desarrollar un plan de manejo con información detallada sobre sus características biológicas y hábitat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT 2016). Para que el manejo de fauna silvestre sea viable, temporal y espacialmente, sin efectos negativos en la biodiversidad y productividad regional, es fundamental conocer aspectos de la especie objetivo, tales como requerimiento de espacio, movimientos estacionales, dinámica poblacional, alimentación y ciclo reproductivo (Rojo *et al.* 2007; Villarreal 2013; Waber *et al.* 2013).

En México, la mayoría de las subespecies de venado cola blanca se distribuye en regiones tropicales, aunque sujetas a alguna modalidad de aprovechamiento; situación que obliga al desarrollo de planes de manejo específicos para cada eco-región. Esta necesidad también obliga a prestar atención a la deficiencia de conocimiento biológico de venados en zonas tropicales, como el patrón reproductivo, uso de hábitat y dieta, entre otros (Vaughan 1994; Gallina y Mandujano 2009; Vishnu-Savanth y Saseendran 2012).

Los criterios para manejar y aprovechar de forma sustentable el venado cola blanca se han generalizado para México; sin embargo, para diversas zonas tropicales, incluida la región Huasteca, aún falta documentar elementos básicos de la biología de la especie, como alimentación o ciclo reproductivo que deriven en planes de manejo adecuados para su aprovechamiento sustentable (Rojo *et al.* 2007; Mandujano 2011; Villarreal 2013).

Las astas son una característica importante de los machos (y que le da valor a la especie desde el punto de vista cinegético) que permite conocer el grado de salud de las poblaciones debido a que su desarrollo se relaciona con la calidad del hábitat, con la ingesta de nutrimentos y edad de los animales. Una de las metas iniciales de los programas de manejo de venados es el incremento del tamaño de astas durante la vida de los animales (Brothers y Ray 1975; Miller y Marchinton 1995; Demarais y Strickland 2011).

Los venados presentan actividad reproductiva intermitente (ciclo anual), sólo restringida por el período de estro en hembras, que regula la liberación de óvulos, y producción de esperma para lograr el éxito. Este proceso es afectado por factores ambientales

como precipitación pluvial y temperatura, además de la disponibilidad de alimento; sin embargo, el fotoperíodo es más importante para definir la época reproductiva (Goss 1983; Jacobson y Waldhalm 1992; Hansen 2011; Glover 2012; Vega *et al.* 2020).

El período de tiempo que los cérvidos mantienen las astas limpias de terciopelo está correlacionado de forma positiva con la concentración de testosterona en plasma, la cual se incrementa en la época reproductiva. En venados de zonas boreales, el aumento y disminución de la concentración de testosterona en plasma se presenta repentina e intensamente, ocasionando mineralización de astas, caída de terciopelo e incremento en espermatogénesis; las astas se conservan por un período de tiempo corto y la producción de espermatozoides se suspende con la muda. En cambio, en regiones ecuatoriales la testosterona se incrementa y decrece lentamente, sin alcanzar niveles que detengan la espermatogénesis; las astas y la actividad sexual se mantienen por un período mayor en el año (Loudon y Curlewis 1988; Bubenik 1990; Pelletier *et al.* 2003; Newbolt *et al.* 2017; Stewart *et al.* 2018; Weerasekera *et al.* 2020).

Los glucocorticoides en heces fecales indican el nivel de secreción de ciertas hormonas por un período de tiempo, ofrecen un panorama del nivel hormonal en muestras de plasma o fecales y son una alternativa para estudios de reproducción en cérvidos y otras especies, ya que la manipulación requerida de los individuos es mínima o nula (Pelletier *et al.* 2003; Mc. Coy y Ditchkoff 2012; Arroyo *et al.* 2013; López-Cobá y Montes-Pérez 2016).

Conocer la temporalidad del ciclo reproductivo para el venado cola blanca de la región Huasteca, hará posible la realización de estudios de otra índole, como los nutricionales, y relacionarlos con la variación fisiológica de la especie a lo largo del año.

El objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre el nivel de testosterona en heces fecales y el ciclo de las astas, e identificar el período reproductivo del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus veraecrucis*), en función del hábitat de cuatro UMA de la región Huasteca de Veracruz y San Luis Potosí, México. La hipótesis del estudio indica que el nivel de testosterona fecal será mayor durante el lapso en que los venados presentan astas osificadas, libres de terciopelo y será coincidente con el período reproductivo, mientras que el nivel menor se presentará cuando los animales mudan las astas e inicia el crecimiento de una nueva cornamenta.

## 1. Materiales y métodos

### 1.1. Área de estudio

El estudio fue realizado en cuatro ranchos ganaderos de la región Huasteca de México, registrados como Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA); dos de ellos, “El Encanto” (22° 05' 44.25" N, 98° 37' 50.48" O) y “El Peñón” (22° 18' 20.33" N, 98° 52' 54.25" O) están situados en el municipio de Tamuín, San Luis Potosí, mientras que “El Indio” (21° 52' 28.63" N, 98° 20' 33.41" O) y “María Dolores” (21° 44' 51.27" N, 98° 20' 33.41" O) se ubican en el municipio de Pánuco, Veracruz.

El clima de la región se clasifica como cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw); la mayor parte de precipitación pluvial (81.6 %) ocurre entre junio y octubre, mientras que la época de sequía de febrero a mayo. Los valores máximos de temperatura se registran entre mayo y septiembre (37 - 45 °C), la temporada fría entre diciembre y febrero (García 2004; Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada CICESE 2015; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP 2018). La principal actividad productiva desarrollada en estos predios es la ganadería extensiva de bovinos, con cargas que van de 1.95 a 2.3 unidades animales por hectárea (UA/ha) (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero COTECOCA, 2002). En los ranchos también se realiza agricultura de temporal en pequeña escala, para obtención de especies forrajeras y como actividad económica alternativa; asimismo, el venado cola blanca se maneja y aprovecha mediante cacería deportiva, conforme a la normatividad vigente.

La vegetación característica de los sitios de muestreo incluye pastizales inducidos y especies nativas típicas de selvas bajas caducifolias y subcaducifolias espinosas como chijol (*Piscidia communis*), guásima (*Guazuma ulmifolia*), ébano (*Ebenopsis ebano*), huizache (*Acacia farnesiana*), gavia (*A. pringlei*), cornezuelo (*A. cornigera*), uña de gato (*A. gregii*), limoncillo (*Xanthoxylum fagara*), pusgual (*Croton cortesianus*), palma real (*Sabal mexicana*), cerón (*Phyllostylon brasiliense*), chaca (*Bursera simaruba*) y mezquite (*Prosopis glandulosa*), entre otras (Márquez y Márquez 2009; Ellis y Martínez 2010; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP - SEMARNAT 2014).

En la región se han registrado especies de mamíferos silvestres medianos y grandes como coatí (*Nasua narica*), mapache (*Procyon lotor*), zorrillo rayado (*Conepatus leuconotus*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), tlacuache (*Didelphis virginiana*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), ardilla (*Sciurus aureogaster*), pecarí de collar (*Pecari tajacu*), coyote (*Canis latrans*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), jaguarundi (*Puma yagouaroundi*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), ocelote (*Leopardus pardalis*); aves como guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*), loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*), chachalaca (*Ortalis vetula*), paloma morada (*Columba flavirostris*), paloma arroyera (*Leptotila verreauxi*), paloma huilota (*Zenaida macroura*), codorniz común (*Colinus virginianus*), pájaros carpinteros (*Melanerpes aurifrons* y *Picoides scalaris*) y diversas especies de colibríes y aves canoras (Ellis y Martínez 2010; CONANP – SEMARNAT 2014).

También se han observado gato montés (*Lynx rufus*) y loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*) además de diversas especies de reptiles, entre las que destacan cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), iguana negra (*Ctenosaura acanthura*), serpiente de cascabel (*Crotalus durissus*), mazacuate (*Boa constrictor*), serpiente coral (*Micrurus browni*), cantil (*Agkistrodon taylori*), cincuate (*Pituophis* sp.) y nauyaca (*Bothrops asper*), entre otros.

## 1.2. Colecta de muestras

Entre febrero de 2015 y julio de 2016 se colectaron muestras fecales de 27 ejemplares machos de venado cola blanca; las excretas fueron tomadas del recto de venados cobrados mediante caza deportiva durante las temporadas 2014-2015 y 2015-2016 extendidas al resto del año por autorización de colecta científica SGPA/DGVS/03414/15; tres muestras fecales se tomaron en la UMA el Indio (DGVS-CR-EX-3291-VER), cuatro en María Dolores (SEMARNAT-UMA-EX-0352-VER/14), ocho en El Encanto (DGVS-CR-EX-2069-SLP) y 12 en El Peñón (DGVS-UMA-EX-3670-SLP). Las excretas fueron colocadas en tubos de 50 mL para centrifugado, dentro de una hielera con refrigerante para evitar su degradación, trasladadas al laboratorio de ciencias biomédicas de la Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí en Cd. Valles, S. L. P. y conservadas en congelación a 23°C bajo cero hasta su análisis (Millsbaugh y Washburn 2004; Barja et al. 2006; Yang et al. 2010).

Se adquirió la información de precipitación pluvial mensual y media mensual histórica, así como temperaturas media, mínima y máxima diarias, registradas por la estación meteorológica 36726 INIFAP-Ébano, San Luis Potosí, durante 2015 y 2016 (CICESE 2015; INIFAP 2018). Con apoyo de la calculadora solar de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), se realizó el cálculo de las horas/luz, o foto período, de cada día del año a los 22° latitud Norte y 98° longitud Oeste, para integrar un promedio mensual (NOAA 2018).

### 1.3. Análisis de muestras

El análisis de muestras fecales para cuantificar el contenido de testosterona se efectuó en el laboratorio de Ciencias Biomédicas de la Unidad Académica Interdisciplinaria Zona Huasteca, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Paralelamente, se analizaron 192 imágenes fotográficas de venados capturados mediante cuatro cámaras trampa, entre agosto de 2015 y julio de 2016. En las dos UMA del municipio de Tamuín, S.L.P. fueron capturadas 103 imágenes con dos cámaras, mientras que, en las dos UMA del municipio de Pánuco, Veracruz se captaron 86 imágenes de venados. Con estas imágenes se clasificó la etapa del ciclo de las astas de cada individuo, asignándoles un valor (Tabla 1). Asimismo, las imágenes se ordenaron de acuerdo con el mes de captura y se calculó el promedio mensual de desarrollo de astas. También se registraron los meses con presencia de cervatos, directamente de forma personal o por empleados de las UMA e indirectamente al ser capturados por cámaras trampa.

La medición de testosterona se realizó por triplicado mediante análisis ELISA (*Enzyme-linked immunosorbent assay*) de tipo competitivo, se empleó un kit comercial *Testosterone ELISA Kit* de la marca Cayman Chemical y se siguieron las instrucciones del fabricante (Cayman Chemical 2017). Este ensayo se basa en la competencia que ocurre entre la testosterona de la muestra y la testosterona HRP conjugada por una constante unión de anticuerpos de conejo anti-testosterona (*Tracer*), por una cantidad limitada del antisuero de testosterona. La concentración del *Tracer* de testosterona es constante mientras que la concentración de testosterona de la muestra es variable. Por lo tanto, la cantidad del *Tracer* de testosterona capaz de unirse al antisuero de testosterona es inversamente proporcional a la concentración de testosterona de la muestra. (Munro y Stabenfeldt 1984; Guzmán-Vásquez 2004).

Los resultados de la concentración de testosterona en heces fecales se sometieron a un análisis de correlación lineal con el crecimiento promedio de las astas. Además, para ordenar los datos, extraer el gradiente dominante de variación y visualizar la distancia entre ellos en un espacio de dos dimensiones, se aplicó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (EMNM) a los valores de concentración de testosterona observados, etapa de crecimiento de las astas y variables ambientales (McGarigal *et al.* 2000; Greenacre y Primicerio 2013).

Con el fin de agrupar los meses con características similares e identificar las variables que determinaron dicha aglomeración, se aplicó un análisis de agrupación de K-medias, con las mismas variables analizadas en EMNM (MacQueen 1967; Greenacre y Primicerio 2013; Hair *et al.* 2014; XLSTAT 2017), a las clases resultantes se les aplicó una prueba t-Student para comparar los niveles de testosterona fecal.

## 2. Resultados

El análisis de heces fecales indica que, desde julio hasta febrero, se presenta el nivel máximo de testosterona (Tabla 2). Por otro lado, las imágenes fotográficas muestran que, en ese mismo período de tiempo, las cornamentas de los venados se encuentran osificadas y limpias (sin terciopelo); en contraste, la menor concentración de testosterona se detectó entre marzo y junio, temporada en que los venados mudan las astas e inician un nuevo ciclo de crecimiento (Tabla 2).

La correlación entre concentración de testosterona en heces fecales y la etapa de desarrollo del mismo período fue positiva y explicó 78 % de la variación de los datos ( $R = 0.885$ ;  $R^2 = 0.782$ ;  $p < 0.0001$ ).

Los resultados del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMMDS), muestran que los meses de julio a febrero se encuentran cercanos en el espacio canónico, esto sugiere que, durante ese lapso, en el área de estudio, los venados presentan características similares en cuanto a concentración de testosterona en heces y desarrollo de astas; de igual forma, es posible intuir que entre marzo y mayo los valores de testosterona fecal y desarrollo de astas son comunes. En contraste, junio se encuentra en una posición intermedia entre los dos grupos, indicando probablemente que en este período se presenta la transición entre el estado no reproductivo y reproductivo (Stress de Kruskal = 0.049) (Figura 1).

Mediante el análisis de K-medias se aglutinaron los meses del año en dos grupos. El primero, denominado período reproductivo, incluye los meses de julio a febrero y el segundo o no reproductivo, de marzo a junio. Las variables que determinaron este patrón de agrupación fueron concentración de testosterona ( $F = 89.59$ ;  $P < 0.0001$ ) y etapa de desarrollo de astas ( $F = 60.21$ ;  $P < 0.0001$ ) (Tabla 3).

Adicionalmente, la aplicación de la prueba t-Student, confirmó que los machos de venado cola blanca en la región Huasteca presentan un período fértil o reproductivo desde julio hasta febrero, debido a que los niveles de testosterona fecal permanecen altos y mantienen astas osificadas ( $t = 10.08$ ;  $P < 0.0001$ ), así como un período no reproductivo entre marzo y junio en los que se puede observar una disminución de concentración de la hormona (Figura 3).

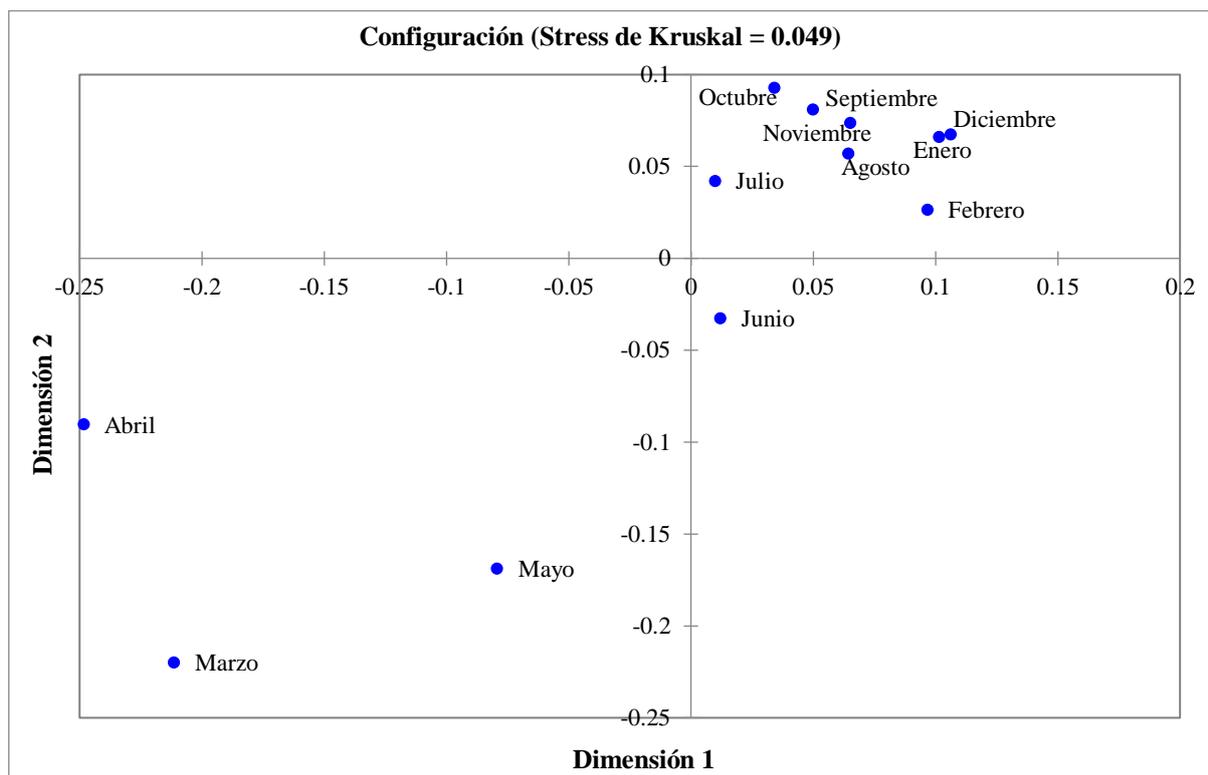


Figura 1. Distancias canónicas entre meses, de acuerdo con la ordenación por NMMDS utilizando datos de concentración de testosterona y desarrollo de astas en machos de venado cola blanca, así como variables climáticas en la zona Huasteca de México.

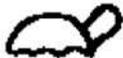
Etapa de desarrollo de las astas	Sin astas	Crecimiento inicial	Crecimiento medio	Crecimiento completo con terciopelo	Astas limpias
Valor asignado	1	2	3	4	5
Imagen de la asta. (McMillin <i>et al.</i> 1974).					

Tabla 1. Etapas de desarrollo de las astas de venado cola blanca en la zona Huasteca de México, registradas fotográficamente entre agosto de 2015 y julio de 2016 y adaptadas a las imágenes propuestas por McMillin *et al.* (1974).

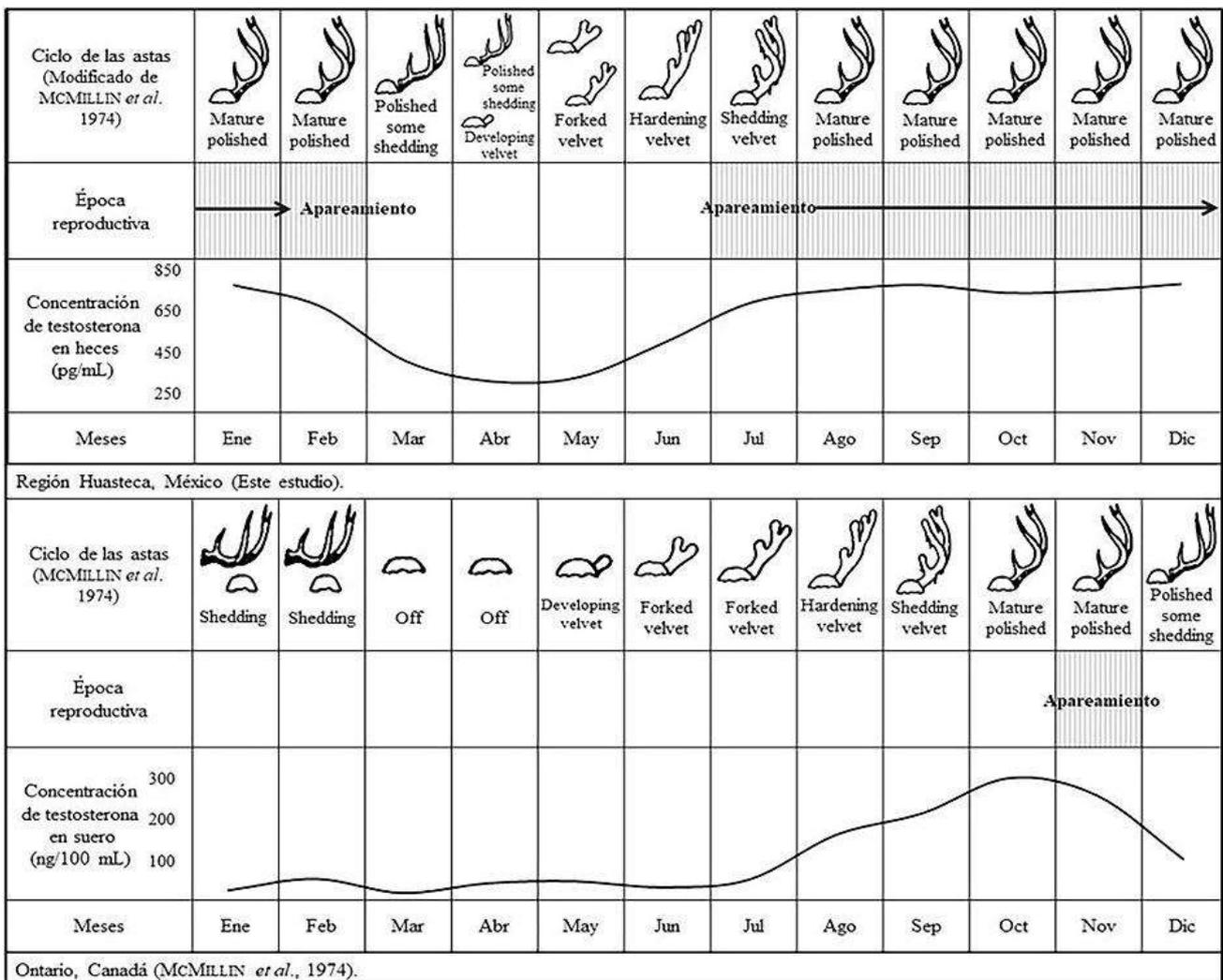


Figura 2. Comparación de características del ciclo de astas y concentración de testosterona en machos de venado cola blanca en la región Huasteca de México (este estudio) y en Ontario, Canadá (McMillin *et al.*, 1974).

### 3. Discusión y conclusiones

Estos resultados contrastan de manera importante con estudios similares realizados en el Norte de México, donde los venados ostentan astas limpias de octubre a febrero, pero las diferencias son de mayor magnitud hacia latitudes septentrionales, donde el período de mayor concentración de testosterona ocurre entre octubre y diciembre (McMillin *et al.* 1974; Miriarchi *et al.* 1978; Bubenik *et al.* 1990, 2005; Villarreal 1999; Vega *et al.* 2020). Los resultados de este estudio también difieren de aquellos en los que se ha identificado la ausencia de una periodicidad reproductiva característica de latitudes ecuatoriales, hasta aproximadamente 15° de latitud (Goss 1983; Halls 1984).

Mes	Testosterona (pg/mL)	Muestras (n = 27)	Etapas de desarrollo de astas (moda)	Fotografías (n = 192)
Enero	745.6	5	5	19
Febrero	706.3	4	5	16
Marzo	524.7	2	2	23
Abril	385.5	3	3	27
Mayo	382.9	3	3	19
Junio	515.5	2	4	17
Julio	724	2	5	12
Agosto	716.7	2	5	15
Septiembre	761.3	2	5	11
Octubre	724.9	3	5	8
Noviembre	735.5	1	5	10
Diciembre	753.2	2	5	15

Tabla 2. Concentración mensual de testosterona en heces y etapas de desarrollo de astas de venado cola blanca en la zona Huasteca de México. Período: enero 2015 a febrero 2016.

Grupo	1	2
Varianza intraclase	14032.195	12968.486
Distancia mínima al centroide	54.143	33.17
Distancia media al centroide	106.039	86.552
Meses que integran los grupos	Julio	Marzo
	Agosto	Abril
	Septiembre	Mayo
	Octubre	Junio
	Noviembre	
	Diciembre	
	Enero	
	Febrero	

Tabla 3. Resultado del análisis de K-medias que muestra los meses que integran los grupos reproductivo (1) y no reproductivo (2) así como sus características.

La diferencia en la concentración media de testosterona entre épocas no reproductiva y reproductiva, observada en este estudio es similar a la registrada por Valdespino y Martínez-Romero (2014) en el Estado de Puebla y, aunque no tan amplia como la identificada por McCoy y Ditchkoff (2012) en Alabama, Estados Unidos, permite observar un patrón similar en el comportamiento reproductivo y ciclo de las astas de los venados.

El nivel de testosterona en heces fecales de venados cola blanca machos fue máximo entre julio y febrero, y presentaron astas osificadas limpias de terciopelo. Por el contrario, los niveles de testosterona disminuyen entre marzo y junio, período en que ocurre la muda, crecimiento y osificación de un nuevo par de astas.

En el caso de los venados, la temporalidad del aprovechamiento cinegético debe coincidir con el período reproductivo, de modo que los animales posean características que los hagan atractivos a los cazadores, como astas completamente desarrolladas y cuello engrosado; además, durante ese período su atención se enfoca en la búsqueda de hembras e incrementa su actividad diurna, pero se expone más y facilita su caza.

En la región Huasteca, la disminución de horas luz subsecuente al solsticio de verano y el aumento en la disponibilidad de alimento ocasionado por la temporada de lluvias, aparentemente son factores que influyen en el incremento del nivel de testosterona e inicio de la época de reproducción del venado cola blanca. En contraparte, el menor nivel de

testosterona se observa cuando aumenta el fotoperíodo y disminuye la cantidad de alimento, durante la época de sequía al final del invierno e inicio de la primavera.

Los resultados permiten identificar al periodo comprendido por los meses de septiembre octubre y noviembre, es decir la porción intermedia de la época de reproducción, como el más adecuado para el aprovechamiento cinegético en la región Huasteca, de esta manera se minimiza el efecto de eliminar de la población a los machos con mejores características de trofeo antes de haberse reproducido.

La metodología propuesta en este trabajo es susceptible de empleo en forma directa como herramienta para definir los periodos de aprovechamiento en distintas regiones del país y con algunas variaciones para identificar características poblacionales como porcentajes de preñez, relación de sexos o para identificar el comportamiento y función de las hormonas masculinas en hembras y viceversa.

## Referencias

- Arroyo, R. E., G. C. Vital y M. P. Lavín. (2013). Análisis fecales en el estudio de la reproducción en cérvidos y su papel en la conservación. *Bio Ciencias* 2:130-139.
- Barja, I., G. Silván, J. Illera, S. Rosellini y A. Piñeiro (2006). La cuantificación de hormonas esteroides sexuales en heces de lobo ibérico (*Canis lupus signatus*): un método no invasivo de sexado como alternativa a los análisis moleculares. *Oppidum* 2:363-380.
- Beltrán, V. y A. Díaz de la Vega (2010). Estimación de la densidad poblacional del venado cola blanca texano (*Odocoileus virginianus texanus*), introducido en la UMA "Ejido de Amanalco" Estado de México. *Ciencia ergo-sum* 17:154-158.
- Brothers, A. y M. E. Ray (1975). Producing quality whitetails. Caesar Kleberg Wildl. Res. Inst., Kingsville, Tx. U.S.A. 246 p.
- Bubenik, A. B. (1990). Evolution of Horns, Pronghorns, and Antlers. Pp: 3-113.
- in Horns, pronghorns, and antlers. Evolution, morphology, physiology, and social significance (Bubenik G. A. y A. B. Bubenik, eds.). Springer-Verlag. New York, U.S.A.
- Bubenik, G. A., R. D. Brown y D. Schams (1990). The effect of latitude on the seasonal pattern of reproductive hormones in the male white-tailed deer. *Comparative Biochemistry y Physiology* 97A:253-257.
- Bubenik, G. A., K. V. Miller, A. L. Lister, D. A. Osborn, L. Bartos y G. Van Der Kraak (2005). Testosterone and estradiol concentrations in serum, velvet skin, and growing antler bone of male white-tailed deer. *Journal of Experimental Zoology* 303A:186-192.

Cayman Chemical (2017). Testosterone Elisa kit, Item No. 582701. Cayman Chemical Company. Ann Arbor, MI, U.S.A. 31 p.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). (2015). Base de datos climatológica nacional (Sistema CLICOM) <http://clicom-mex.cicese.mx/> (consultada el 4 de marzo de 2019).

Clemente, F., V. Cessa, C. Cortez, L. Tarango and P. Arenas (2015). Commercial extenders and freezing curves for the preservation of sperm cells of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Journal of Applied Animal Research* 43:468-473. <https://doi.org/10.1080/09712119.2014.980422>

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) – SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2014. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. pp:134 – 196.

COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero). 2002. Coeficientes de agostadero por entidad federativa. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero SAGARPA - México. [http://www.paot.org.mx/centro/insemarnt/informe02/estadisticas\\_2000/compendio\\_2000/02dim\\_economica/02\\_02\\_Agricultura/data\\_agricultura/CuadroII.2.4.3a.htm](http://www.paot.org.mx/centro/insemarnt/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/02dim_economica/02_02_Agricultura/data_agricultura/CuadroII.2.4.3a.htm) (Consulta: 18/01/2019)

Demarais, S. y B. Strickland. (2011). Antlers. in *Biology and management of white-tailed deer*. Hewitt, D. G. CRC Press. E.U.A. pp: 107-146.

Ellis, E. A. y M. Martínez (2010). Vegetación y uso de suelo. in *Atlas del patrimonio natural histórico y cultural de Veracruz*. (Florescano E. y J. Ortiz, eds) Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana. Xalapa, Veracruz, México. pp:205-218.

Gallina, S. y A. H. López (2008). *Odocoileus virginianus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.1. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).

Gallina, S., y S. Mandujano (2009). Research on ecology, conservation and management of wild ungulates in Mexico. *Tropical Conservation Science* 2:116-117.

Gallina, S., S. Mandujano, J. Bello, H. López-Fernández y M. Weber (2010). White-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780). 101-118 pp in *Neotropical Cervidology: Biology and medicine of Latin American deer* (Duarte, J. M. B., y S. González, S. eds.) Jaboticabal, Brazil: Funep and Gland, Switzerland, IUCN.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (5ª ed). Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM. México.

Glover, T. (2012). *Mating Males. An evolutionary perspective on mammalian reproduction*. Cambridge University Press. United Kingdom. 202 p.

- Goss, R. J. (1983). *Deer Antlers: Regeneration, Function, and Evolution*. Academic Press. New York, E.U.A.
- Greenacre, M y R. Primicerio. (2013). *Multivariate analysis of ecological data*. Fundación BBVA, Bilbao, Spain. 331 p.
- Guzmán-Vásquez, E. (2004). Las pruebas de Elisa. *Gaceta Médica Mexicana* 140:48-49.
- Hair, J., W. Black, W. Babin y R. Anderson (2014). *Multivariate data analysis*. 7a Ed. Pearson Education Ltd. London, UK. 761 p.
- Halls, L. K. (1984). *White-tailed deer. Ecology and management*. Stackpole books. Harrisburg, E.U.A. 870 p.
- Hansen, L. (2011). Extensive management. Pp: 413-440 in *Biology and management of white-tailed deer*. (Hewitt, D. ed.) CRC Press, Boca Raton, USA.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2018. Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. Consultado el 21/05/2018 en: <http://clima.inifap.gob.mx/lnmysr/Estaciones/ConsultaDiarios15Min?Estado=23yEstacion=36726>
- Jacobson, H. A. y S. J. Waldhalm. (1992). Antler cycles of a white-tailed deer with congenital anophthalmia. Pp: 520–524 in *The Biology of Deer*. (Brown, R. D. ed.) Springer-Verlag, New York, E.U.A.
- López-Cobá, E. H. y R.C. Montes-Pérez (2016). Valoración de metabolitos de testosterona, progesterona y estrógeno en excretas de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) como método para determinar el sexo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:180–186.
- Loudon, A. S. y D. Curlewis (1988). Cycles of antler and testicular growth in an aseasonal tropical deer (*Axis axis*). *Journal of reproduction y fertility* 83:729-738.
- MacQueen, J. B. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. University of California Press. Pp:281–297
- Mandujano, S. (2011). Consideraciones para el manejo el manejo del venado cola blanca en UMA extensivas en bosques tropicales in *Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México* (Sánchez, O., P. Zamorano, E. Peters y H. Moya, H. eds.) SEMARNAT, México D.F., México. Pp:249-275.
- Márquez, W. y J. Márquez (2009). Municipios con mayor biodiversidad en Veracruz. *Foresta Veracruzana* 11:43-50.
- McCoy, J. C. y S. S. Ditchkoff (2012). Patterns of fecal hormones in a fenced population of white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 36:641–646.

- McGarigal, K., S. Cushman y S. Stafford. (2000). *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. Springer-Verlag New York, Inc. New York, E.U.A. Pp: 283.
- McMillin, J. M., U. S. Seal, K. D. Keenlyne, A. W. Erickson y J. E. Jones (1974). Annual testosterone rhythm in the adult white-tailed deer (*Odocoileus virginianus borealis*). *Endocrinology* 94:1034-1040.
- Miller, K. V. y L. Marchinton (1995). *Quality Whitetails: The Why and How of Quality Deer Management*. Stackpole Books. Mechanicsburg, E.U.A. 322 p.
- Millsbaugh, J. J. y B. E. Washburn (2004). Use of fecal glucocorticoid metabolite measures in conservation biology research: considerations for application and interpretation. *General and Comparative Endocrinology* 138:189-199.
- Munro, C. y G. Stabenfeldt. (1984). Development of a microtiter plate enzyme immunoassay for the determination of progesterone. *Journal of Endocrinology* 101:41-49.
- Miriarchi, B.E., B. E. Howland, R. E. Scanlon, R. L. Kirkpatrick y L. M. Sanford (1978). Seasonal variation in plasma LH, FSH, prolactin, and testosterone concentrations in adult male white-tailed deer. *Canadian Journal of Zoology* 56:121-172.
- Newbolt, C. H., P. K. Acker, T. J. Neuman, S. I. Hoffman, S. S. Ditchkoff y T. D. Steury (2017). Factors influencing reproductive success in male white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management* 81(2): 206-217.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2018. Solar calculator. Earth System Research Laboratory. National Oceanic and Atmospheric Administration. Descargado el 21/05/18 desde: [https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/NOAA\\_Solar\\_Calculations\\_day.xls](https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/NOAA_Solar_Calculations_day.xls)
- Pelletier, F., J. Bauman y M. Festa-Bianchet (2003). Fecal testosterone in bighorn sheep (*Ovis canadensis*): behavioural and endocrine correlates. *Canadian Journal of Zoology* 81:1678-1684.
- Piña, E. e I. Trejo (2014). Densidad poblacional y caracterización de hábitat del venado cola blanca en un bosque templado de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 30:114-134.
- Rojo C., J. L. Cruz, G. Solano y R. Hernández (2007). Plan de manejo tipo de venado cola blanca en zonas templadas y tropicales de México. SEMARNAT, México. 30 p.
- SEMARNAT (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Pp: 253-255.
- Stewart, J. L., C. F. Shipley, R. E. Ellerbrock, L. Schmidt, F. S. Lima e I. F. Canisso (2018). Physiological variations in reproductive and metabolic features of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) bucks throughout the rutting season. *Theriogenology* 114: 308-316.

- Valdespino, C. y L. E. Martínez-Romero (2014). Determinación del ciclo reproductivo a partir de grupos fecales. in *Monitoreo y manejo del venado cola blanca: Conceptos y métodos* (Gallina, S., S. Mandujano y O. Villarreal. eds.) Instituto de Ecología, A. C. - Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa, México. 220 p.
- Vaughan, C. (1994). El futuro del manejo del venado cola blanca en América Latina in *Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica* (Vaughan, C. y M. Rodríguez. eds.) Universidad Nacional, Costa Rica. 455 p.
- Vega, D., S. Gallina, M. Correa, M. Parra, N. Almaraz e I. Chairez (2020). Faecal cortisol, testosterone and estradiol in white-tailed deer feces from Wildlife Management and Conservation Units in Durango, Mexico. *Bio Ciencias* 7 e714 <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e714>
- Villarreal, J. G. (1999). Venado cola blanca. Manejo y aprovechamiento cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. Monterrey, México. 401 p.
- Villarreal, J. G. (2013). Ganadería diversificada: importancia ecológica, cinegética y económica de los venados cola blanca mexicanos. SAGARPA. Monterrey, México. 237p.
- Vishnu-Savanth, V. y P. C. Saseendran (2012). Impact of testosterone on the antler stages in sambar deer (*Rusa unicolor*) stags. *Tamilnadu Journal of Veterinary y Animal Sciences* 8:279-285.
- Waber, K., J. Spencer y P. M. Dolman (2013). Achieving landscape-scale deer management for biodiversity conservation: The need to consider sources and sinks. *Journal of Wildlife Management* 77:726–736.
- Weerasekera, D. S., S. J. Perera, D. K. K. Nanayakkara, H. M. S. S. Herath, A. N. L. Rathnasekara y K. B. Ranawana (2020). The antler cycle and fecal testosterone of male sambar deer *Rusa unicolor unicolor* at the Horton Plains National Park in Sri Lanka. *BioMed Research International*. Article ID 6903407, 7 pages. Descargado desde: <https://doi.org/10.1155/2020/6903407>
- XLSTAT (2017). *XLSTAT software*. Xlstat for Windows. Copyright 2017 Addinsoft. URL: <https://www.xlstat.com/es/> (Consulta: 29 de agosto de 2018).
- Yang, Y. Y., T. Borch, R. B. Young, L. D. Goodridge, and J. G. Davis (2010). Degradation kinetics of testosterone by manure-borne bacteria: influence of temperature, pH, glucose amendments, and dissolved oxygen. *J. Environ. Qual.* 39:1153–1160.

## Efficiency of the use of perfluorocarbon gas transport drugs for various forms of anemia in animals

Sergej V. Votrin\*

Sergej I. Vorobyev\*\*

Sergej B. Bolevich\*\*\*

Aleksandra S. Orlova\*\*\*\*

Denis D. Gudanovich\*\*\*\*\*

### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of the article is to determine the effectiveness of the use of perfluorocarbon gas vehicles in acute, severe anemia in animals caused by external blood loss and autoimmune intravascular hemolysis. **Methodology:** The effectiveness of the use of perfluorocarbon gas transport agents in acute, severe anemia in animals caused by external blood loss and autoimmune intravascular hemolysis was carried out based on the assessment of lethality in groups, biochemical criteria that were determined using an automatic biochemical blood analyzer and an assessment of hematocrit, which was determined using an automatic analyzer of a general clinical analysis of blood with an impedance counting system. **Results:** The high efficiency of the use of perfluorocarbon gas transport drug - Perftoran in acute and severe anemia caused by external blood loss and autoimmune intravascular hemolysis was revealed on the basis of an assessment of the lethality of animals in groups in comparison with a blood preparation - donor erythrocyte mass. The lethality in the groups of animals that used the perfluorocarbon gas transport agent was significantly lower than that in the animals that used the erythrocyte mass, especially in acute and severe anemia caused by autoimmune intravascular hemolysis.

**KEY WORDS:** hypoxia, hemolysis, anemia, correction, erythrocyte mass, perfluorocarbon blood substitute, critical conditions

\*Ph.D. student at the human pathology department Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1773-1662>

\*\*Doctor of Biological Sciences, Professor, the head of the human pathology department Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1383-957X>

\*\*\*MD, Professor, the head of the human pathology department Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1574-477X>

\*\*\*\*PhD in Medicine, associate professor at the human pathology department Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9725-7491>

\*\*\*\*\*Ph.D. student Sklifosovsky Clinical and Research Institute for Emergency Medicine Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8014-1799>

Recibido: 03/08/2020

Aceptado: 05/10/2020

## Eficiencia del uso de fármacos en el transporte de gas perfluorocarbonado para diversas formas de anemia en animales

### RESUMEN

Propósito: El propósito del artículo es determinar la efectividad del uso de vehículos de gas perfluorocarbonado en la anemia aguda y severa en animales causada por pérdida de sangre externa y hemólisis intravascular autoinmune. Metodología: La efectividad del uso de agentes transportadores de gas perfluorocarbonado en la anemia aguda severa en animales causada por hemorragia externa y hemólisis intravascular autoinmune, se llevó a cabo en base a la evaluación de la letalidad en grupos, criterios bioquímicos que se determinaron utilizando una sangre bioquímica automática, y una evaluación del hematocrito, que se determinó utilizando un analizador automático de análisis clínico general de sangre con un sistema de recuento de impedancia. Resultados: La alta eficiencia del uso del fármaco de transporte de gas perfluorocarbonado - Perftoran en la anemia aguda y grave causada por la pérdida de sangre externa y la hemólisis intravascular autoinmune se reveló sobre la base de una evaluación de la letalidad de los animales en grupos, en comparación con una preparación de sangre - masa de eritrocitos del donante. La letalidad en los grupos de animales que usaron el agente de transporte de gas perfluorocarbonado fue significativamente menor que en los animales que usaron la masa de eritrocitos, especialmente en la anemia aguda y severa causada por hemólisis intravascular autoinmune.

PALABRAS CLAVE: hipoxia, hemólisis, anemia, corrección, masa eritrocitaria, sustituto sanguíneo de perfluorocarbono, condiciones críticas

### Introduction

The success of treatment in the complex therapy of any critical conditions in the animal clinic is determined by the rapid restoration of vital functions, as well as the prompt elimination of oxygen deficiency in various organs and systems of the body. From this point of view, the interest shown by researchers from different countries to the use of artificial gas-transporting blood-substituting drugs for anemia of various genesis is understandable (Ragimov, 2015; Bialas et al., 2019; Spiess, 2019).

It is known that critical conditions arise both in acute posthemorrhagic anemia caused by massive external blood loss and in acute autoimmune hemolytic anemia caused by immune lysis of erythrocytes and can be accompanied by both intravascular and extravascular hemolysis (Shiffman, 2017).

Replacement therapy for massive external blood loss should be carried out immediately to eliminate hypoxia in severe acute posthemorrhagic anemia. However, the issue of transfusions of blood and its components in the treatment of acute and severe blood loss is currently ambiguous. It is necessary to avoid unreasonable blood transfusions in an immune complex recipient (Ragimov, 2015; Vorobyev et al., 2020).

In acute autoimmune hemolytic anemia, the destruction of erythrocytes as a result of acute autoimmune intravascular hemolysis deserves special attention. Acute autoimmune intravascular hemolysis is a type of acute pathological hemolysis characterized by the destruction of erythrocytes in the vascular bed under the influence of antibodies and a complement. This is a rapidly developing, autoimmune process, in which the compensatory forces of the body do not have time to turn on in full (Alekseev, 2004).

Acute autoimmune intravascular hemolysis underlies the pathogenesis of blood parasitic diseases. Intravascular hemolysis is especially pronounced in its pathological effect in complicated canine babesiosis. In this disease, erythrocytes are directly damaged by hemoparasites, and their decay products cause a severe acute autoimmune process, manifested in the form of intravascular hemolysis (Nimand and Suter, 2004).

With the rapid development of such pathological processes as acute posthemorrhagic anemia and acute autoimmune hemolytic anemia, the compensatory mechanisms of the body do not have time to develop sufficient power; accordingly, clinical manifestations, as a rule, end in a high mortality rate (Shiffman, 2017).

In this regard, the aim of this study is devoted to the correction of critical conditions (lethality) caused by acute posthemorrhagic anemia and acute autoimmune hemolytic anemia using a blood-substituting gas transport emulsion of perfluorocarbons of the Perftoran type (Russia) in comparison with the traditional erythrocyte mass.

## 1. Materials and methods

In the first block of retrospective studies in acute posthemorrhagic anemia, 41 cats of both sexes were selected, admitted to the Clinic of Veterinary Medicine of the Scientific Center for Biological Research in the city of Pushchino with bleeding as a result of various injuries in the period 2009–2018. Animals were randomized according to the method of treatment into 3 groups.

The first control group (n = 17) included animals for the treatment of which traditional infusion therapy was used, including the use of a colloidal solution "Stabizol" at a dose of 20 ml / kg of body weight (Plumb, 2002).

The second group (n = 13) included animals for the treatment of which traditional infusion therapy was used on the first day of admission to the clinic, including the use of a colloidal solution "Stabizol" at a dose of 20 ml / kg body weight; these animals were transfused with donor EO at a dose of 10 ml / kg body weight one day after injury and bleeding (Vaden et al., 2013).

The third group (n = 11) included animals for which, in addition to the colloidal solution "Stabizol", perfluorocarbon blood substitute "Perftoran" was used. The therapeutic dose was 10 ml / kg body weight, infusion was performed on the first, second, third, fifth, and seventh day after injury.

Animals with the same criteria were selected into three groups of the first block of studies: Ht 9-18%, bilirubin 7-11  $\mu\text{Mol} / \text{L}$ , lactate 2.3-5.4  $\text{mMol} / \text{L}$ ,  $\text{SpO}_2$  77-84%,  $\text{K}^+$  4.1- 5.4  $\text{mMol} / \text{L}$ . The creatinine level was within the normal range of 80-160  $\mu\text{Mol} / \text{L}$ . Cats weighing 3-5 kg were selected.

In the second block of retrospective studies to correct hypoxia in acute autoimmune intravascular hemolysis, 79 dogs of both sexes were used, admitted to the Clinic of Veterinary Medicine of the Scientific Center for Biological Research in the city of Pushchino in the period 2009-2018 with a diagnosis of babesiosis complicated by acute autoimmune intravascular hemolysis.

In this experimental, retrospective, parallel-controlled study, animals were randomized into 3 treatment groups. Dogs with the same criteria were selected for all three groups: Ht 9-12%, bilirubin 40-60  $\mu\text{Mol} / \text{L}$ , lactate 5-6  $\text{mMol} / \text{L}$ ,  $\text{SpO}_2$  78-80%,  $\text{K}^+$  3.6-5.6  $\text{mMol} / \text{L}$ . The creatinine level was within the reference values - 80-160  $\text{mMol} / \text{L}$ .

The creatinine level was within the reference values - 80-160  $\mu\text{Mol} / \text{L}$ . Dogs were selected whose weight ranged from 15 to 35 kg. These dogs had plasma hemolysis, hemoglobinuria, anemicity and yellowness of the mucous membranes, microscopy of a blood smear revealed babesia and agglutination of erythrocytes (ER) in the form of coin bars, plasma was colored red during blood centrifugation, which confirmed the presence of acute autoimmune intravascular hemolysis as a result of infection of animals with babesiosis (Alekseev, 2004; Vaden et al., 2013).

The first control group included 29 dogs for the treatment of which basic therapy was used, implying: prednisolone intravenously (IV) at a dose of 4 mg/kg once a day for five days in a row, which is used as an immunosuppressant, as a detoxification solution IV NaCl 0.9% - 10 ml/kg was injected once a day for five consecutive days, antiprotozoal therapy was carried out by subcutaneous (sc) administration of Piro-Stop 0.5 ml/10 kg once. Piro-Stop is an antiprotozoal drug from the imidazole group. As an active substance, 1 ml of solution for injection contains 120 mg of imidocarb dipropionate. Therapeutic dose for dogs is 0.5 ml per 10 kg of animal weight, by subcutaneous administration, once (Plumb, 2002).

The second group included 28 animals, in which replacement therapy was carried out in addition to the basic one: to replenish the number of dead erythrocytes as a result of acute autoimmune intravascular hemolysis, on the first day of treatment, erythrocyte mass was used, with the help of which the recipient's hematocrit was raised to 20%. To raise the recipient's Ht by 1%, it takes 1 ml of donor erythrocyte mass with Ht -45% per kg of the recipient's weight. The erythrocyte mass was used in a 0.9% NaCl dilution in a 1: 1 ratio; in general, the volume of a blood preparation with Ht -10% administered to the recipient was 20 ml / kg (Vaden et al., 2013; Nimand and Suter, 2004).

The third group included 22 dogs, which were added to the basic therapy with the introduction of the drug "Perftoran", at a dose of 10 ml / kg to reduce hypoxia resulting from acute autoimmune intravascular hemolysis, while the erythrocyte mass of these animals was not used.

The drug "Perftoran" is a submicron emulsion with an average size of "artificial erythrocytes" ~ 100 nm with gas transport functions, containing 20% perfluorocarbons (PFCs): perfluorodecalin - 13 g; perfluoromethylcyclohexylpiperidine - 6.5 g; proxanol - 4 g; sodium chloride - 0.6 g; magnesium chloride - 0.019 g; potassium chloride - 0.039 g; sodium bicarbonate - 0.065 g; glucose - 0.2 g; sodium hydrogen phosphate - 0.02 g; water for injection - up to 100 ml (Vorobiev et al., 2016; Vorobyev et al., 2020).

The drug "Perftoran" was used as follows in the first experimental block of studies for the relief of hypoxia caused by acute posthemorrhagic anemia in cats: the drug was administered intravenously at a dose of 10 ml / kg once a day on days 1, 2, 3, 5, 7 of treatment.

In the second experimental block of studies for the relief of hypoxia caused by acute autoimmune intravascular hemolysis in dogs, the drug “Perftoran” was used intravenously at a dose of 10 ml / kg once a day for five consecutive days.

The introduction of the drug “Perftoran” in cats and dogs began with a bioassay, consisting in a gradual controlled introduction: 0.1 ml of the drug diluted with 0.9% NaCl to 5 ml, the drug was injected slowly intravenously, and then drip with pauses of 60 seconds - 3, 5, 10, 30 drops, gradually increasing the infusion rate to one drop per second (Votrin et al., 2018; Votrin and Vorobiev, 2017).

According to the instructions for medical use of the drug “Perftoran”, approved for clinical use in Russia since 1996 - perfluorocarbon blood substitute is a multifunctional drug with a wide spectrum of action (Ragimov, 2015).

## 2. Results and discussion

**First block of research.** As a result of a retrospective evaluation of the data on animals (cats) of the first block of studies with acute posthemorrhagic anemia, which were observed for 5 days, it was found that the lethality of animals in the groups differed significantly in the control group and in the two main groups, where hypoxia was corrected with the drug “Perftoran” and donor erythrocyte mass (table 1).

**Table 1. Mortality of animals (cats) during the correction of acute blood loss and posthemorrhagic anemia using the perfluorocarbon drug “Perftoran” and donor erythrocyte mass (EM) during 5 days of observation**

Groups	Initial number of animals	Observation time (days)				General mortality
		1	2	3	5	
1st group The control	17	3	2	2	1	8 from 17 (47,1 %)
2nd group Erythrocyte mass	13	2	1	–	–	3 from 13 (23,1 %)
Group 3 “Perftoran”	11	1	–	–	–	1 from 11 (9,9 %)

The data obtained show that the highest mortality rate of 47.1% in cats is observed in the group without correction of hypoxia in the treatment of severe acute posthemorrhagic anemia. Mostly death was observed in the stage of vascular collapse and in the hydraemic stage, when hypoxia is most severe. It should be noted that in animals that used donor erythrocyte mass to correct hypoxia in acute posthemorrhagic anemia, the lethality was 23.1%, which is two times lower than in the control and significantly higher (two or more times) than in the group with an artificial blood substitute drug "Perftoran", where the mortality rate was 9.9%. It is believed that donor erythrocytes are the best oxygen carriers, as they dissolve up to 21 vol.% Oxygen (the drug "Perftoran" up to 7 vol.%); however, in immunocomplex recipients, the decision on transfusion of donor erythrocyte mass is made on the basis of the hematocrit level, which, in case of external blood loss, is informative 18-20 hours after the lost plasma volume is restored (Ragimov, 2015). That is why on the first day in the group with erythrocyte mass there is a high mortality rate. In the group with the blood substitute "Perftoran", the lowest lethality was observed, which was due to the immediate use of an artificial oxygen carrier to the immune-complex recipient.

Certain changes in hematocrit, lactate, SpO<sub>2</sub> were revealed on the basis of our previously obtained experimental data (Votrin and Vorobiev, 2017) on the correction of acute blood loss and posthemorrhagic anemia in animals using the perfluorocarbon gas transport drug "Perftoran" and donor erythrocyte mass. We believe that this directly affects the high mortality rate in the control and erythrocyte mass groups. It should be noted that the experimental group of animals with posthemorrhagic anemia resulting from blood loss, which received the drug "Perftoran" as part of the complex therapy, despite significant blood loss, had indicators: hematocrit, lactate, SpO<sub>2</sub>, characterizing a moderate level of hypoxia, significantly different from the indicators of animals the control group and the indices of the animals of the group after transfusion with donor erythrocyte mass (Votrin and Vorobiev, 2017).

Studies have shown that the infusion of the perfluorocarbon gas-transport drug "Perftoran", carried out by an injured animal in acute posthemorrhagic anemia to compensate for the hypoxic state, provides an oxygen reserve and allows the injured body, which has received serious damage, to stably endure anesthesia, surgery, which together reduces the mortality rate to 9, nine %.

**Second block of research.** As a result of a retrospective assessment of the data on animals (dogs) of the second block of studies with acute autoimmune hemolytic anemia, observed for 9 days, it was found that the mortality of animals in the groups differed significantly in the control group and in the two main groups, where hypoxia was corrected with the drug “Perftoran” and donor erythrocyte mass (table 2).

**Table 2. Mortality of animals (dogs) during the correction of hypoxia caused by autoimmune intravascular hemolysis using the perfluorocarbon drug “Perftoran” and donor erythrocyte mass during 9 days of observation**

Groups	Initial number of animals	Observation time (days)							General mortality
		1	3	5	6	7	8	9	
1st group The control	29	2	6	1	–	2	1	1	13 from 29 (41 %)
2nd group Erythrocyte mass	28	1	6	1	2	–	3	2	15 from 28 (53 %)
Group 3 “Perftoran”	22	1	–	1	1	–	–	–	3 from 22 (13 %)

Studies have shown that in the 1st control group without hypoxia correction there is a high mortality rate as a result of increasing hypoxia up to 41%; in the 2nd group, the main one, where the animals used the erythrocyte mass for hypoxia correction, the highest lethality was observed up to 53%; in the 3rd group, the main one, where “Perftoran” was used for hypoxia correction, the lethality was the lowest, no more than 13% ( $p < 0.05$ ), 3.5-4 times lower than in the 1st control group and 2nd group with erythrocyte mass (table 2).

Studies have shown that despite various methods of correcting hypoxia, a high mortality rate in animals occurs in anemia as a result of autoimmune hemolysis. Our early studies (Votrin et al., 2018) have shown that hyperbilirubinemia, hyperkalemia, acidosis, hypoxia are of clinical importance in anemia caused by acute autoimmune intravascular hemolysis. Thus, in the experimental group in animals with anemia caused by acute

autoimmune intravascular hemolysis, which received donor erythrocyte mass as part of complex therapy, the level of hypoxia was significantly lower than in the control group. However, hyperbilirubinemia was noted as a result of increased autoimmune hemolysis, as a result of which the bilirubin level was significantly higher than in the control group and in the group with “Perftoran”. The level of hypoxia in the group of animals with anemia, which received the drug “Perftoran” as part of the complex therapy, was significantly lower than in the control group, but at the same time the level of bilirubin was significantly lower than in the group with erythrocyte mass, which proves the absence of increased autoimmune hemolysis, which directly affects the mortality rate.

The mortality data show that correction of hypoxia in severe autoimmune hemolytic anemia is necessary, but for this it is necessary to use drugs that do not have immune aggression, as noted on donor blood preparations. The most effective way to eliminate hypoxia in severe autoimmune anemia caused by acute autoimmune intravascular hemolysis is the use of perfluorocarbon gas-transporting blood substitutes of the Perftoran type.

A comparative analysis of animal mortality was carried out between the two blocks of studies (Fig. 1). Studies have shown that the lowest mortality rate, from 9.9 to 13%, both in cats and dogs in both blocks of studies, respectively, is observed when hypoxia is corrected with Perftoran for any type of anemia. However, the use of another gas transport hemocorrector - erythrocyte mass in the correction of hypoxia in the second block of studies caused by autoimmune intravascular hemolysis in dogs, showed that the lethality sharply increases to 53% compared to animals where the red blood cell mass was used for posthemorrhagic anemia in the first block of studies 23 , 1% in cats. As noted, this is associated with hyperbilirubinemia as a result of increased autoimmune hemolysis.

## Conclusion

The following conclusions can be drawn. Correction with the perfluorocarbon gas transport drug “Perftoran”, carried out in animals with acute blood loss and acute autoimmune intravascular hemolysis to compensate for the hypoxic state, provides the necessary oxygen balance without increasing immune aggression, which ultimately does not lead to lethal iatrogenic complications.

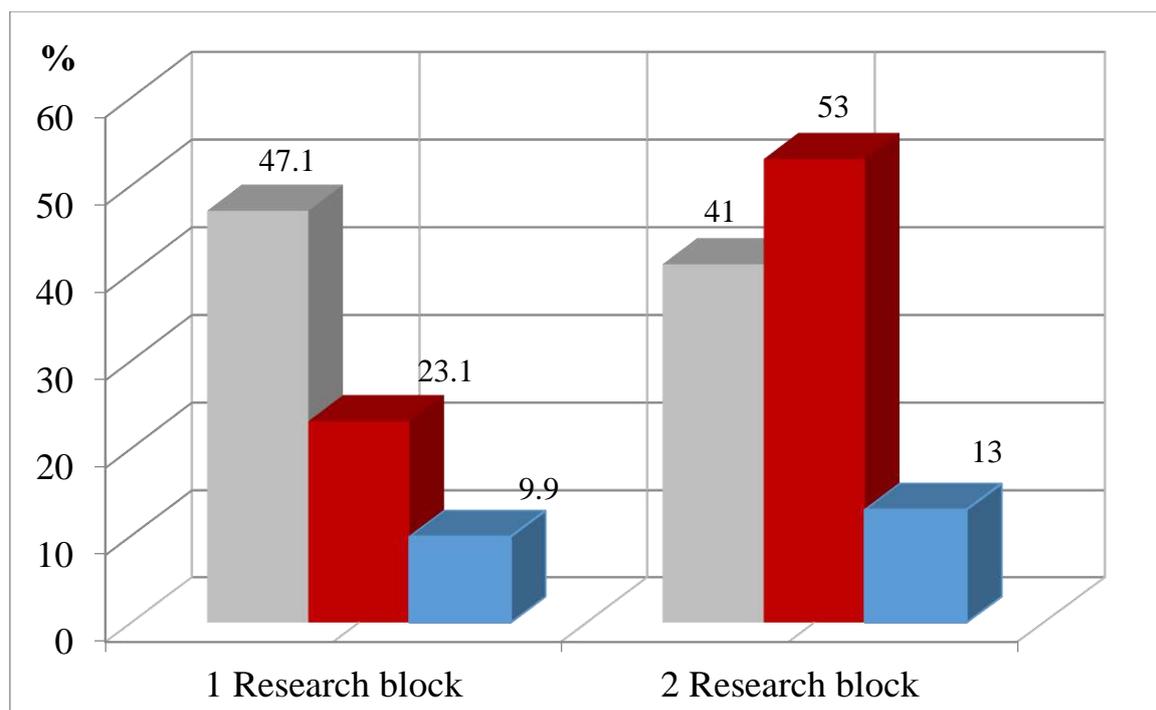


Figure 1. Comparative analysis of animal mortality between the two blocks of studies in the correction of hypoxia caused by posthemorrhagic anemia and autoimmune intravascular hemolysis. Control is gray. Erythrocyte mass is red. The drug “Perftoran” is blue color

Correction of hypoxia caused by acute autoimmune intravascular hemolysis with the help of erythrocyte mass enhances autoimmune hemolysis, thereby causing an increase in bilirubin and, as a consequence, a high mortality rate. The high clinical efficacy of the perfluorocarbon gas transport drug “Perftoran” for the correction of hypoxia caused by acute blood loss and acute autoimmune intravascular hemolysis is associated with its medicobiological and physicochemical properties: gas transport, rheological, anti-shock, anti-ischemic, anti-toxic, anti-ischemic.

The use of synthetic gas transport blood substitutes for the correction of various forms of hypoxia makes it possible to reduce the consumption of donor blood or even to refuse its use, which reduces the infection and the number of unwanted negative reactions in recipients.

## References

Alekseev, N. A. (2004). Anemia. Saint Petersburg: Hippokrat, 512.

Bialas, C., Moser, C. and Sims, C. A. (2019). Artificial oxygen carriers and red blood cell substitutes: A historic overview and recent developments toward military and clinical relevance. *Trauma and Acute Care Surgery*, 87 (1), 48-58. DOI: 10.1097/TA.0000000000002250

Nimand, H. G. and Suter, P. F. (2004). Diseases of dogs. A practical guide for veterinarians. Moscow: Aquarium Print, 816.

Plumb, D. K. (2002). Pharmacological preparations in veterinary medicine. Moscow: Aquarium LTD, 856.

Ragimov, A. A. (2015). Transfusiology: national guidelines. Moscow: GEOTAR-Media, 1184.

Shiffman, D. F. (2017). Pathophysiology of blood. Moscow: BINOM, 397.

Spiess, B. D. (2019). Military Supplement: Perfluorocarbon Emulsions, Platelet Counts and Inflammation. *Journal Shock*, 52 (1S), 13-18. DOI: 10.1097/SHK.0000000000001154

Vaden, Sh., Knoll, D. and Smith, F. (2013). Complete guide to laboratory and instrumental research in dogs and cats. Moscow: Aquarium Print, 1120.

Vorobiev, S. I., Votrin, S. V., Bolevich, S. B., Kutysenko, V. P., Novikov, A. A., Kolotilova, M. L. and Orlova, A. A. (2016). Biological and physicochemical actions of a synthetic emulsion of a perfluorocarbon blood substitute. *Non-traditional natural resources. Innovative technologies and products*, 24, 220-229.

Vorobyev, S. I., Kutysenko, V. P., Bolevich, S. B. and Votrin, S. V. (2020). Gas transport characteristics of hemocorrectors and perfusates based on perfluor-carbon blod-substituting emulsion. *Serbian Journal of Experimental and Clinical Research*, 21 (2), 147-155.

Votrin, S. V. and Vorobiev, S. I. (2017). The use of perfluorocarbon blood substitute in the treatment of acute posthemorrhagic anemia in cats. *Russian veterinary journal*, 8, 16–21.

Votrin, S. V., Bolevich, S. B., Vorobiev, S. I., Orlova, A. S., Bolevich, S. S., Tachieva, B. I. and Korsakov, D. Yu. (2018). Elimination of hypoxia in acute autoimmune intravascular hemolysis of erythrocytes using perfluorocarbon blood-substituting emulsion in experiment. *Sechenovskii Bulletin*, 2 (32), 5-14.

## Modelo conceptual de productividad agrícola rural

Héctor Acacio Zerpa Ramírez \*

Henry Izquierdo \*\*

Ricardo Chaparro \*\*\*

### RESUMEN

Cientos de millones de familias rurales se ven atrapadas en un ciclo con baja productividad agrícola, dando lugar a un sufrimiento innecesario que obstaculiza el desarrollo agrícola y el crecimiento económico en general. La finalidad del artículo consiste en contribuir en la búsqueda de posibles soluciones para el problema de la baja productividad en el área agrícola, de las personas que habitan en los campos y en particular aquellos pobladores que se dedican y dependen de la agricultura como medio de subsistencia. El problema consiste en la pérdida de los derechos humanos, primordialmente en las poblaciones rurales. Teniendo en cuenta estas consideraciones, se planteó un marco conceptual y un enfoque analítico capaz de operacionalizar y por ende lograr establecer el modelo conceptual de productividad agrícola rural, con el objetivo de integrar y estudiar las variables que permitan explicar un efecto determinante sobre los ingresos de los productores, dichos ingresos son el resultado de aplicar un modelo que garantiza de forma natural, un equilibrio económico, social y ambiental. La investigación se enmarcó en el enfoque metodológico de tipo analítico. El modelo se planteó en función de estudios previos basados en modelos agroalimentarios, índices de progreso, modelos de productividad, análisis de las cadenas de valor, desarrollo endógeno, marcos conceptuales, enfoques analíticos y distritos industriales; permitiendo al modelo mencionado emerger como una metodología inédita denominado Modelo Conceptual de Productividad Agrícola Rural (MoPAR), el cual será una herramienta tecnológica que se entregará a los productores con la finalidad que sea incluido dentro de sus herramientas de toma de decisiones.

**PALABRAS CLAVE:** desarrollo endógeno, distrito industrial, cadena de valor, productividad, conglomerado, MoPAR.

\*Profesor de la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre UNEXPO. Estudiante del doctorado en Ciencias de la Ingeniería, UNEXPO, Venezuela. E-mail: [hzerpa@unexpo.edu.ve](mailto:hzerpa@unexpo.edu.ve)

\*\*Profesor titular jubilado de la Universidad Nacional Experimental de Guayana, Venezuela.

\*\*\*Doctor en Investigación Agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIA, Venezuela.

Recibido: 02/06/2020

Aceptado: 11/09/2020

## Conceptual model of rural agricultural productivity

### ABSTRACT

Hundreds of millions of rural families are caught in a cycle of low agricultural productivity, leading to unnecessary suffering that hinders agricultural development and economic growth in general. The purpose of the article is to contribute to the search for possible solutions to the problem of low productivity in the agricultural area, of the people who live in the fields and in particular those inhabitants who dedicate themselves and depend on agriculture as a means of subsistence. The problem is the loss of human rights, primarily in rural populations. Taking these considerations into account, a conceptual framework and an analytical approach capable of operationalizing and therefore achieving establish the conceptual model of rural agricultural productivity was proposed, with the objective of integrating and studying the variables that allow explaining a determining effect on the income of producers, said income is the result of applying a model that naturally guarantees an economic, social and environmental balance. The research was framed within the analytical methodological approach. The model was proposed based on previous studies based on agri-food models, progress indexes, productivity models, analysis of value chains, endogenous development, conceptual frameworks, analytical approaches and industrial districts; allowing the aforementioned model to emerge as an unprecedented methodology called the Conceptual Model of Rural Agricultural Productivity (MoPAR), which will be a technological tool that will be delivered to the producers in order to be included in their decision-making tools.

KEY WORDS: endogenous development, industrial district, value chain, productivity, conglomerate, MoPAR.

### Introducción

Cientos de millones de familias rurales se ven atrapadas en un ciclo de hambre, pobreza y baja productividad que da lugar a un sufrimiento innecesario que obstaculiza el desarrollo agrícola y el crecimiento económico en general (FAO, 2015). Según el informe, *Cómo evitar que la crisis del COVID-19 se transforme en una crisis alimentaria: Acciones urgentes contra el hambre en América Latina y el Caribe*: Tras siete años de lento crecimiento, América Latina y el Caribe podría ver la mayor caída del PIB regional en un siglo (-5,3%), lo que traerá en 2020 un aumento de la pobreza extrema de 16 millones de personas con respecto al año anterior, sumando 83,4 millones en total (CEPAL-FAO. 2020). La propuesta del artículo tiene como objetivo fundamental apoyar en la

búsqueda de soluciones para el problema de la baja productividad, específicamente la población que habita en los campos y en particular aquellos pobladores que se dedican y dependen de la agricultura como medio de subsistencia. Los hogares rurales pobres obtienen sus ingresos de su propia producción o vendiendo su trabajo como mano de obra. Estos ingresos resultan inestables e insuficientes para la superación de la pobreza, por lo que se necesitan la aplicación de programas o planes que estabilicen y aumenten dichos ingresos. De manera que existe la explícita pérdida de derechos humanos, sustentado en lo establecido por Sen, como la privación de capacidades básicas y no meramente como la falta de ingreso (Sen, 2000).

Los marcos conceptuales (gestión social del riesgo, protección social transformativa, protección social adaptativa y la Iniciativa del piso de protección social) y los enfoques analíticos (enfoque de derechos, enfoque de ciclo de vida, enfoque operacional, enfoque de medios de subsistencia agrícola) tienen importantes aplicaciones en el desarrollo rural integral desde sus diferentes perspectivas, pero ninguno de ellos se centra específicamente en ellos como objetivo principal (FAO, 2019).

Se observa que existe un vacío en la manera como se abordan los marcos conceptuales y los enfoques, siendo estos aislados de la realidad, que se observa en las comunidades de agricultores, fundamentalmente, por la falta ausencia de la protección social plasmada en dichos marcos, así como la falta de instrumentos operaciones que realmente, permitan a las familias agricultoras, superar la pobreza. La investigación se enmarcó en el enfoque metodológico de tipo analítico.

El Modelo Conceptual de Productividad Agrícola Rural (MoPAR) emerge luego de analizar las cadenas de valor de Porter, cadenas agroalimentarias, desarrollo endógeno, los distritos industriales de Becattini, productividad, conglomerado, marcos conceptuales, que lograron realizar aportes muy específicos en cada aspecto analizado. Sin embargo, son aportes dispersos que no lograron revertir el ciclo de pobreza, abriendo una oportunidad de plantear una idea disruptiva en la que puedan converger, el marco conceptual mencionado, así como la propuesta de integración e interacción dedicadas a fortalecer la producción agrícola.

La estructura del presente artículo está formulada, en resumen, introducción, marco teórico, cuerpo principal, conclusiones, recomendaciones y referencias. La introducción menciona de manera muy resumida el problema, el alcance, los antecedentes, resultados y conclusiones. El marco teórico aborda los temas de interés tales como: distritos industriales, competitividad sistémica, productividad, cadenas de valor de Porter y agroindustriales. El desarrollo principal se aborda a través de la formulación del Modelo Conceptual de Productividad Agrícola Rural (MoPAR); por último, conclusiones, recomendaciones y referencias.

## 1. Aspectos teóricos

Para el desarrollo del modelo conceptual de productividad agrícola, que se presenta a continuación, se han estudiado diversas fuentes, habiendo quedado como las más relevantes desde la perspectiva epistemológica la relacionada con distritos industriales, representando esta, el elemento integrador entre el desarrollo endógeno y las potencialidades de una zona geográfica determinada, definido en los conglomerados. Igualmente, el hecho de contar con modelos de cadenas agroalimentarias predefinidas, permite aplicar sobre dicha cadena el estudio de la cadena de valor de Porter, con la intención de encontrar las debilidades y fortalezas de los diferentes eslabones, permitiendo generar propuestas para la mejora de los procesos agrícolas. El objetivo del modelo de competitividad sistémica es transformar las ventajas comparativas en ventajas competitivas sustentables, lo cual queda representado en el hecho, que el 60% de los alimentos consumidos en el mundo proviene de la pequeña agricultura de los países en desarrollo, quedando claro que muchos de estos pequeños productores, se manejan aplicando técnicas y semillas autóctonas y utilizando, abonos naturales, controlando plagas a través de líneas de cultivos anti plagas, poco uso de arados, entre otras; mostrando una alternativa que contribuye de manera directa con diversos objetivos del desarrollo sostenible.

### 1.1. Distritos industriales

Alfred Marshall, quien en su obra cumbre *Principles of Economics*, hace una observación determinante en la que explica que: las ventajas de la producción en gran escala pueden, en general, obtenerse bien agrupando en un mismo distrito un gran número de pequeños productores o bien construyendo pocas fábricas (Soler, 2008).

Esta afirmación viene a representar el origen de la teoría de los distritos industriales, sintetizando lo que será una clara línea de interés en el análisis económico: la unión entre la economía industrial y la percepción económica del territorio (Soler, 2008).

El distrito industrial, para Becattini, representa la entidad intermedia entre el sujeto económico singular y el sistema económico general, que asume la descripción de una comunidad local junto con la propia industria; esto es, una industria definida a través de la comunidad local (lo que ésta produce y el modo en el que organiza la producción), en lugar de a través de la tecnología productiva. Esto equivale a un vuelco del enfoque teórico tradicional de la investigación económica: en lugar de proceder desde la industria hacia su localización, se procede desde el lugar (donde propiamente se desarrolla la vida de las personas) hacia su industrialización (Sforzi, 2008).

Como puntualiza Michael J. Enright, uno de los colaboradores históricos de Porter, lo que distingue la noción de cluster de la de distrito es la presencia, en la definición del distrito, de la comunidad local, y complementando con el papel de factor de modificación de la productividad (Sforzi, 2008).

El distrito codificado por Becattini y por la escuela italiana es, ante todo, una comunidad local, el medio socio-cultural e institucional dentro del cual operan las empresas individuales y que constituye la condición de vida de las mismas (Sforzi, 2008).

Por otro lado, de la demanda, se extiende la superación de un estándar de confort habitual, la superación de dicho estándar crea las condiciones para el nacimiento de nuevos núcleos de necesidades de alto contenido social y cualitativo, que a su vez da lugar a demandas muy variables de productos diferenciados y personalizados (Becattini, 2004).

Un amplio y socialmente desigual crecimiento de la renta está concentrada en manos de un gran núcleo de clases medias que, alcanzando el estándar de confort del momento, se dedica

a la búsqueda de bienes y servicios cada vez más diferenciados y personalizados, aporten prestigio social. Estos fenómenos del mundo real señalan el nacimiento o el renacimiento de la nueva teoría de los distritos industriales (Becattini, 2004).

## 1.2. Conglomerado

Básicamente se trata de valorizar al máximo los recursos y las capacidades locales que se posean con objeto de identificar aquellas oportunidades que tengan en el marco de la Globalización, a partir de la especialización. Es cierto que cada país/región ha entendido el desarrollo local desde perspectivas diferentes (ordenación del territorio, empleo local, formación especializada, medio ambiente, innovación tecnológica, planes estratégicos, etc.); sin embargo, en aquellas regiones en las que se ha llegado a percibir ese desarrollo de una manera más intensa sobresale la figura del conglomerado de pequeñas empresas (pymes), especializadas en alguna actividad o proceso específico y que presentan ciertas posibilidades de desarrollo en un mercado abierto (Soler, 2008).

## 1.3. Competitividad sistémica

El modelo de competitividad sistémica plantea el desarrollo interfuncional e integral de seis niveles o subsistemas, con los que se sustenta el proceso competitivo de un país, región y empresa. El objetivo del modelo es transformar las ventajas comparativas en ventajas competitivas sustentables, elevando las capacidades competitivas de las empresas, los sectores productivos, las instituciones y el gobierno (Villarreal, 2001).

## 1.4. Productividad

La mayoría de los pequeños sistemas agrícolas son productivos, eficientes y sostenibles comparados con las grandes explotaciones, a pesar de su bajo uso de insumos químicos. La ventaja en rendimiento de los sistemas agrícolas diversificados puede variar entre 20 a 60 por ciento más alta que los monocultivos (Koothafkan & Altieri, 2011).

Se lograron importantes aumentos de productividad a través de la "Revolución Verde" de las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial, que se centraban en la cría de cultivos y

ganado insensibles a insumos externos (por ejemplo, fertilizantes químicos y pesticidas, antibióticos, alimentos proteínicos) para prosperar en sistemas uniformes e intensivos. Si bien estos enfoques han producido aumentos significativos en la producción mundial de alimentos básicos, los rendimientos no mejoraron, se deterioraron o se derrumbaron en el 24-39% de las zonas de producción de maíz, arroz, trigo y soja en las últimas décadas (Frison, 2016).

El uso masivo de plaguicidas asociado con la agricultura industrial ha llevado a problemas cada vez mayores de resistencia a las plagas, afectando los rendimientos y generando costos para los agricultores (por ejemplo, semillas y plaguicidas adicionales) (Frison, 2016).

Cómo se cultiva la tierra (no cuánto) puede de hecho ser la preocupación más urgente. Globalmente, el 20% de la tierra se considera ahora degradada, y la agricultura industrial contribuye significativamente a esta tendencia (Frison, 2016).

Las comparaciones son cada vez más favorables a los sistemas diversificados cuando se comparan los resultados totales, en lugar de los rendimientos específicos de los cultivos. El 60% de los alimentos consumidos en el mundo proviene de la pequeña agricultura de los países en desarrollo (Frison, 2016).

Tradicionalmente la modernización económica ha ido unida al desarrollo industrial, por lo que resulta difícil entender el proceso de cambio estructural almeriense basado en un sector «tradicional» como la agricultura (Ferraro & Aznar, 2008).

### 1.5. Cadenas de valor de Porter y cadenas agroalimentarias

La cadena de valor, es un modelo teórico que describe la serie de tareas desarrolladas por una empresa para la elaboración de un producto o servicio que satisfaga las necesidades de sus clientes. La cadena de valor desagrega una empresa en sus actividades estratégicamente relevantes para entender el comportamiento de sus costes y las fuentes de diversificación existentes y potenciales. Una empresa obtiene ventaja competitiva mediante la realización de estas actividades estratégicamente importantes de forma más eficiente o mejor que sus competidores (Porter & Stern, 2016).

Desde el punto de vista de la realidad socioeconómica, la cadena agroalimentaria es un sistema que agrupa actores económicos y sociales interrelacionados que participan

articuladamente en actividades que agregan valor a un bien o servicio, desde su producción hasta que este llega a los consumidores (La Gra, 2016).

La cadena agroalimentaria puede ser interpretada desde el punto de vista analítico, como una forma de entender las relaciones entre actores en la agricultura y el medio rural, desde la provisión de insumos y la producción primaria hasta la entrega del producto al consumidor final, donde las relaciones que se establecen pueden ser de tipo contractual o comercial (La Gra, 2016).

## 2. Metodología

La investigación se enmarcó en el enfoque metodológico de tipo analítico. El modelo conceptual se planteó en función de estudios previos basados en modelos agroalimentarios, índices de progreso, modelos de productividad, análisis de las cadenas de valor, desarrollo endógeno, marcos conceptuales, enfoques analíticos y distritos industriales; permitiendo al modelo mencionado emerger, producto de análisis y diseño de ideas integradoras, como una representación inédita denominado Modelo Conceptual de Productividad Agrícola Rural (MoPAR), el cual será una herramienta tecnológica que será entregada a los productores con la finalidad que sea incluido dentro de sus herramientas de toma de decisiones.

## 3. Modelo conceptual de productividad agrícola rural

El Modelo Conceptual de Productividad Agrícola Rural (MoPAR) emerge luego de analizar las cadenas de valor de Porter, cadenas agroalimentarias, desarrollo endógeno, los distritos industriales de Becattini, productividad, conglomerado, marcos conceptuales, que lograron realizar aportes muy específicos en cada aspecto analizado. Sin embargo, son aportes dispersos que no lograron revertir el ciclo de pobreza, abriendo una oportunidad de plantear una idea disruptiva en la que puedan converger, el marco conceptual mencionado, así como la propuesta de integración e interacción dedicadas a fortalecer la producción agrícola.

Para modelar la actividad agrícola rural y estudiar la productividad, se propone un modelo inédito, cuyo objetivo fundamental es colocar al hombre como centro de estudio, y se configura de forma concéntrica en el modelo obtenido. Así, el modelo estudia el ser humano, a través del

componente concéntrico mencionado y en adelante denominado Agro-Humano, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Componente concéntrico Agro-Humano.  
Fuente: Elaboración propia.

El componente concéntrico Agro-Humano, tiene por finalidad, contener la información concerniente a indicadores que permiten mostrar valores referidos a necesidades humanas básicas, capacidad, oportunidades y accesos a conocimiento e información. Dichos datos tienen por finalidad validar los indicadores de gestión que muestran la influencia de los avances positivos o negativos de las decisiones tomadas en el modelo conceptual de productividad agrícola rural.

En la figura 2, se muestra la cadena agroalimentaria de productos agrícolas y se ve como un círculo que va desde la planificación de la producción, la cosecha y llega hasta la distribución a los consumidores, preparando de esta forma el terreno para el siguiente ciclo de planificación, producción, entre otros (La Gra, 2016).

La complejidad de la cadena agroalimentaria variará dependiendo de diversos aspectos, tales como el nivel de desarrollo del país, la localización geográfica, el tipo de cultivo, la época

del año, el clima, la tecnología disponible, la infraestructura, la oferta de mano de obra, y otros (La Gra, 2016).

Aunque la importancia relativa de los diferentes componentes de un sistema agroalimentario puede variar de acuerdo con el país y otros factores, una gran cantidad de ellos son comunes a la mayoría de las cadenas agroalimentarias (La Gra, 2016).

En la figura 2, se identifican 26 componentes. En algunos casos estos son de naturaleza institucional y se refieren a participantes tales como ministerios de agricultura, agricultores e intermediarios y los papeles que cada uno de estos desempeña en la cadena agroalimentaria. En otros casos, los componentes son de naturaleza funcional, como ocurre con la cosecha, el almacenamiento y el transporte, concentrándose en procesos o actividades que tienen lugar en un punto determinado del sistema (La Gra, 2016).

Cada uno de los referidos componentes poseen una cantidad variable de indicadores, los cuales han sido modificados, agregados nuevos, modificados otros y eliminados algunos de ellos, en presencia de expertos, que han sido consultados para efectos de garantizar la calidad y adaptabilidad del modelo conceptual de productividad a ser diseñado.

El Modelo Conceptual de Productividad Agrícola Rural, MoPAR (Ver figura 3), se diseñó a partir de la cadena de valor de Porter, en función del proceso de producción agrícola. Así, cada uno de los 26 componentes es potencialmente importante, debido a que las decisiones o acciones que se tomen en cada uno de los eslabones pueden afectar la producción, la productividad, la calidad o los costos del producto. Sin embargo, no todos los 26 componentes son relevantes para cada cadena agroalimentaria, en el sentido que, dependiendo del país de aplicación, de la época del año, del rubro a cosechar, entre otros, se puede obtener una cadena de valor, muy diferente, lo cual es natural en presencia de un modelo que puede ser utilizado para modelar eslabones que, aunque sean de rubros similares, cada eslabón puede ser diseñado de formas diferentes. Así, cumpliendo con las características de un modelo sistémico debe cumplir con propiedades tales como: equifinalidad, diferenciación y ser reproducibles.

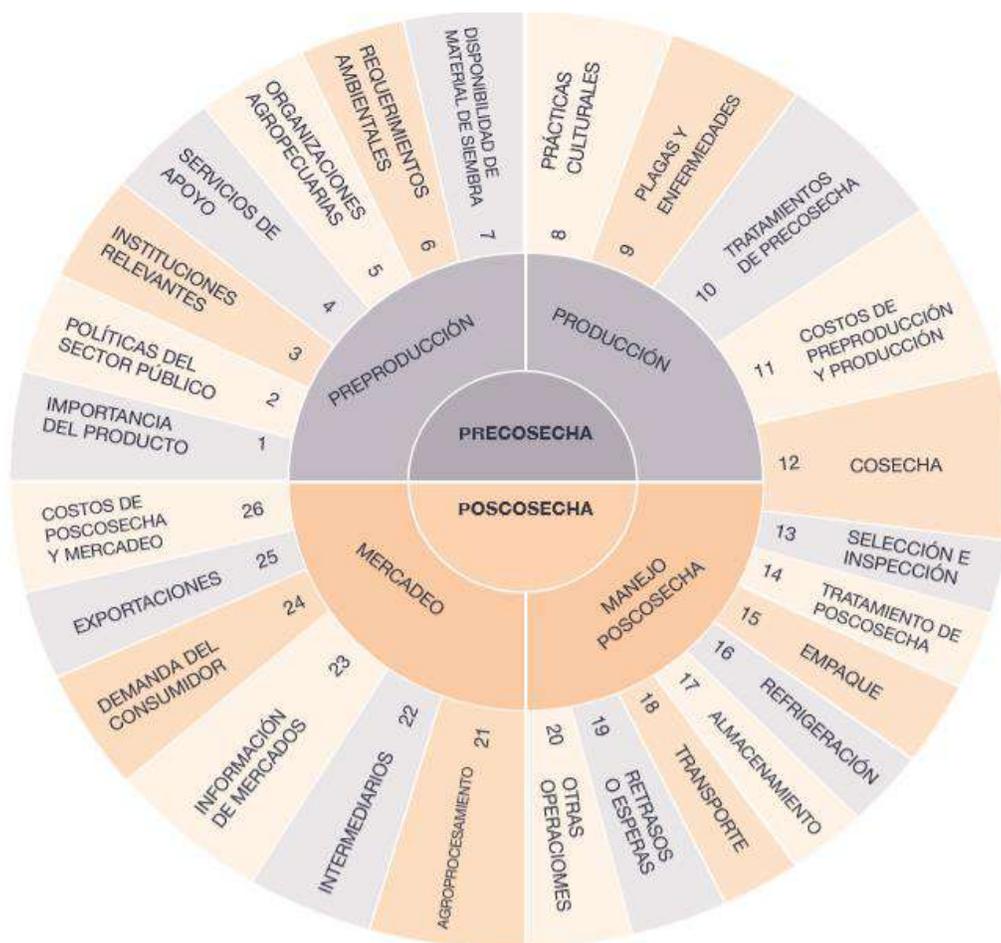


Figura 2. Componentes principales para la evaluación de cadenas agroalimentarias.  
 Fuente: La Gra, J. (2016). IICA.

Asimismo, el modelo MoPAR, permite que los diferentes componentes puedan ser configurados, teniendo como fundamento, las bases teóricas que sustentan la investigación, tales como: desarrollo endógeno, conglomerado, distrito industrial, productividad, competitividad sistémica, marco conceptual, análisis de cadena de valor de Porter en los diferentes niveles de escala del estudio.

Así, el MoPAR se fundamenta en colocar como centro al ser humano y como dinamizador, el desarrollo endógeno y la sostenibilidad, que se practica en un lugar geográfico determinado, tomando en consideración que el sistema agrícola se basa en la agroecología. Por otra parte, el MoPAR, a través del análisis de la cadena de Porter, determina los eslabones de la cadena donde

se requiera fortalecer la misma, entre ellas se puede mencionar agregar valor en uno o varios eslabones de la cadena, y el modelo plantea, cumplir con dicho requerimiento haciendo uso de innovaciones obtenidas de diferentes fuentes, entre las que podemos mencionar: centros de investigación de universidades, gubernamentales, privadas, experiencias propias, conocimiento transmitido de generación en generación (conocimiento tácito), entre otras, de manera que se genera una transferencia de conocimiento, que permite determinar la mejor decisión, enmarcadas dentro de las metas de al menos nueve objetivos del desarrollo sostenible (ODS), entre ellos se encuentran, los mostrados en la Tabla 1, denominada Indicadores de Progreso Agrícola Rural (IPAR).

Los Indicadores de Progreso Agrícola Rural (IPAR), están constituidos por siete dimensiones y puede ser clasificado en cuatro categorías relativas a modelos de Venn: ambiental, social, económica y cultural. Las siete dimensiones están constituidas por un conjunto de componentes y/o indicadores según los cuales se pueden cuantificar los grupos en estudio, y por ende se puede validar el MoPAR, ajustados a los ODS. El IPAR se muestra en la tabla 1.

Es importante mencionar que la investigación ha sido planteada con la finalidad de apoyar a los agricultores o familias, que se encuentran en zonas rurales y que se encuentran en situación de pobreza.

Con este apoyo, se espera lograr un crecimiento interior, es decir, lograr el aumento de las capacidades de transformación, lo cual se puede evidenciar por los aumentos de producción, y por ende en mejorar la calidad de vida, así como lograr parte de los objetivos planteados en esta investigación, como lo es el desarrollo de un modelo conceptual de productividad agrícola rural, que sirva de apoyo, a la mejor toma de decisiones, por parte de los agricultores.

El crecimiento interior antes mencionado, sólo puede ser logrado bajo el enfoque del MoPAR, a través del desarrollo endógeno, las condiciones particulares de cada región geográficas, teniendo en cuenta el conocimiento propio del agricultor obtenido de generación en generación, por experiencias propias, y en muchos otros casos, gracias a los aportes de investigaciones provenientes de centros de investigación, tales como INIA, centros de investigación de las universidades, entre otras a nivel nacional e internacional.

DIMENSIONES DE IPAR	DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD (MoPAR)	INDICADORES	ODS
Nivel de vida	Cultural/Social	Agua segura para beber, electricidad, combustible para cocinar, piso.	1,2,10,11
Salud ambiental	Ambiental	Calidad agua, calidad suelo, calidad aire.	3,6,13,14,15, 11
Salud Humana	Social	Nutrición, mortalidad infantil, Detección de enfermedades (TEST). Muertes atribuibles a la contaminación ambiental. Oportunidades, capacidad, acceso a conocimiento	1,2,3,10, 11
Costos de Producción	Ambiental/Social/Económica.	Sueldos (empleos dignos hombre y mujer), insumos (semilla, uso agroquímicos)	1,2,5,8,
Cosecha	Económico/Social	Volumen de producto. Porcentaje de producto apto para el mercado.	1,2
Comercialización	Económica	Recursos transporte(carro, moto, animal, humano). Daños en el transporte. Existen estadísticas de precio disponibles. Fuente de valor agregado. Condiciones de pago.	1,2,
Mercados.	Económica.	Manejo de precios. control sobre los precios. Consumo por grupos étnicos. Variedad preferida, tamaño, sabor, textura madurez, empaque, número de unidades por paquete deseado y color	2,10,11

Tabla 1. Indicadores de Progreso Agrícola Rural (IPAR) y su convergencia con ODS.

Fuente: elaboración propia.

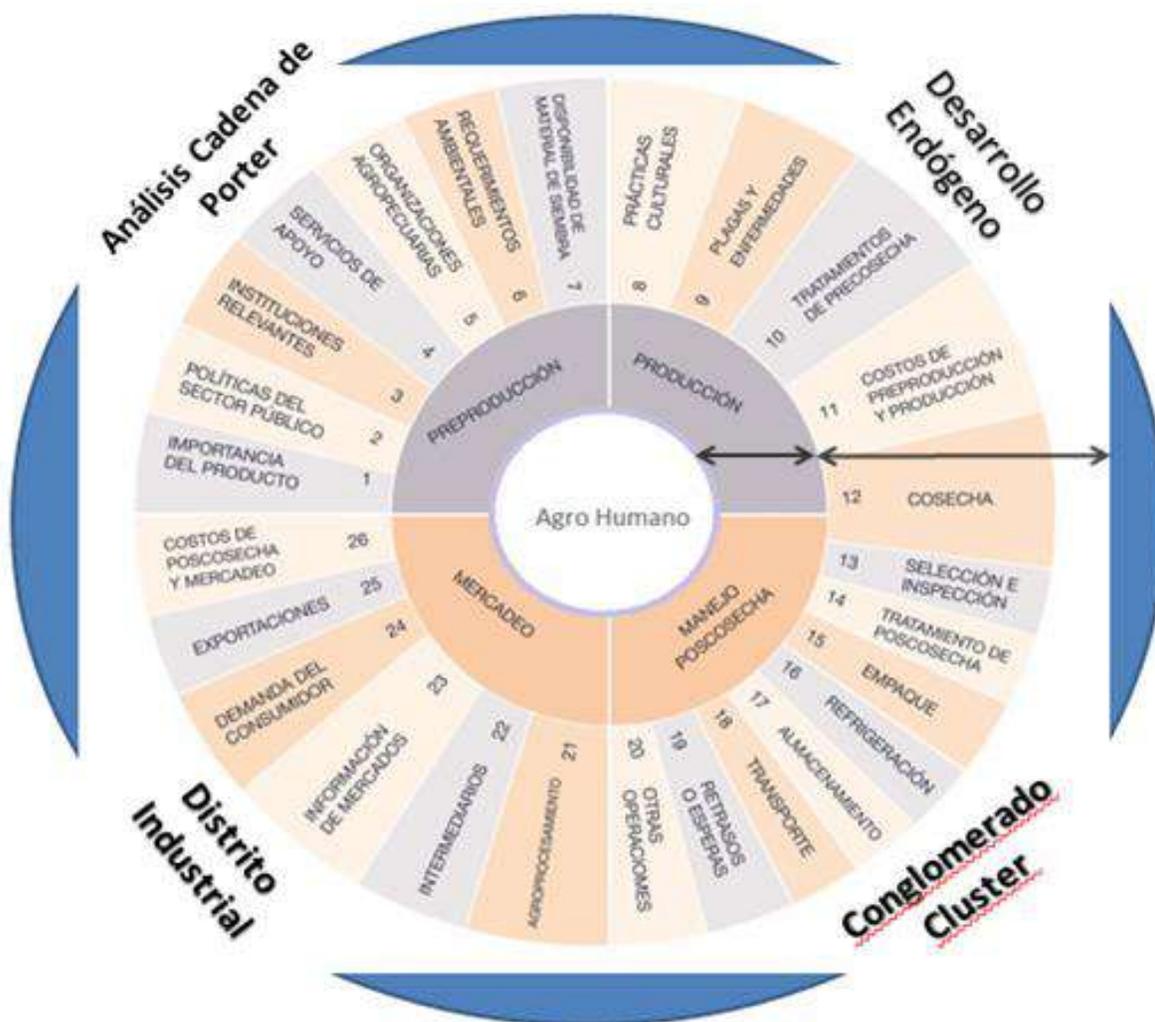


Figura 3. Modelo conceptual de productividad agrícola rural (MoPAR).

Fuente: Elaboración propia.

La metodología para la implantación del MoPAR, por parte de los agricultores, debe aplicarse en diferentes fases a saber:

Fase 1: estudio y determinación de aspectos relativos a la precosecha. Aspectos fundamentales como la semilla, la cual debe cumplir con características agroecológicas que permitan hacer uso de semillas autóctonas que cuenten con un rendimiento igual o superior a las semillas comerciales y/o importadas. Es conveniente definir una forma de arado que permita

cumplir con ciertas especificaciones de sostenibilidad. Estas consideraciones deben ser documentadas y sometidas a revisiones técnicas y cotejadas con el conocimiento tácito de los productores.

Fase 2: Transferencia de tecnología agrícola en ambos sentidos. Se pretende que pueda existir una realimentación entre productores, investigadores y demás actores, en la transferencia de tecnologías agrícolas aplicadas y que muestren los mejores rendimientos. Para ello, es posible comparar semillas propias de los productores y semillas de laboratorio proveniente de centros de investigación, con la finalidad de unificar criterios y esfuerzos, para mejorar los rendimientos y por ende aumentar la productividad.

Fase 3: Conocimiento del negocio. Para lograr comprender mejor el negocio agrícola es conveniente realizar a través de talleres, la transferencia de conocimiento, acerca de la cadena de Porter, con la finalidad de mostrar al productor como organizar su negocio desde la precosecha, cosecha y postcosecha. En cada fase se debe hacer un estudio económico con la finalidad de mantener una estructura de costos, que permita determinar los niveles de mejora o fracaso del modelo.

Fase 4: Transferencia de tecnología en Inteligencia de Negocios (BI). La propuesta contiene un software de inteligencia de negocios donde se puedan desarrollar indicadores, de diferente índole, con la finalidad de mostrar de manera gráfica, las tendencias y los valores obtenidos en las diferentes fases. Para entregar este conocimiento al productor se requiere de un plan de formación en campo.

Fase 5: Evaluación y refinamiento. Es una fase que permitirá a los actores a realizar evaluaciones en los diferentes eslabones de la cadena de valor con la finalidad de realizar mejoras, para refinar el modelo y por tanto, lograr el fin, mejora de la productividad agrícola rural, siguiendo los fundamentos de la sostenibilidad y contribuir con los ODS.

Así, a través de estas buenas prácticas, y con el uso del MoPAR, se espera que los productores, puedan realizar su toma de decisiones de una forma técnica, con la puesta en práctica de las potencialidades que brinda el modelo en estudio. El uso del modelo debe ser para el productor, tal que le brinde agilidad de visión del escenario que puede tener en un momento

dado, sin hacer que cambie o modifique drásticamente, sus prácticas de cultivo, siempre y cuando las mismas se encuentren dentro de un marco conceptual, que cumpla con las expectativas, fundamentadas en el modelo generado.

Este tipo de prácticas, se espera que permita emerger a los productores como una fuerza de trabajo, es decir, como una organización o pequeña empresa, que pueda crecer como una unidad de producción y que a su vez, permita a los productores vecinos, utilizar las mismas experiencias, con la finalidad de entretener y fortalecer las relaciones existente entre los productores, que permita configurar conglomerados, y a su vez entretener entre los conglomerados, estructuras más complejas, que permitan, industrializar por regiones geográficas y lograr tal especialización y calidad en sus productos, que les capacite para competir, en primera instancia para satisfacer el consumo nacional y luego contribuir con productos de calidad certificada para exportación. A estas estructuras de industrias geográficas es lo que se conoce como distritos industriales.

Así, el fortalecimiento y el nacimiento de los conglomerados contribuyen con la formación de cluster, en los cuales, se manifiesta una mayor organización y por ende un fortalecimiento de los eslabones de la cadena, contribuyendo en la mejora de la productividad. Sin embargo, el cluster por ser una estructura de mayor complejidad y que requiere del apoyo de organizaciones y entes de nivel nacional, se deja como una recomendación para futuras investigaciones.

Es conveniente cerrar el escrito, con una generalización del modelo, el cual, tiene como objetivo, colocar al hombre como centro de la investigación, el cual debe ser considerado en la ecuación, y por ende, su calidad de vida, debe ser tomado en cuenta en cada una de la toma de decisiones en los eslabones que conforman el referido modelo, teniendo en consideración que cada una de las decisiones tomadas, afecta el sistema y por ende al hombre.

## Conclusiones

Tomando en cuenta el objetivo planteado de diseñar un modelo conceptual de productividad agrícola rural y los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- Se logró diseñar el modelo conceptual de productividad agrícola rural (MoPAR) que consta de un nivel denominado AgroHumano, en el cual, se definieron componentes bien diferenciados que permite, realizar un seguimiento en la validación del modelo.

-El nivel de la cadena de valor del MoPAR, logra representar de manera clara y genérica los componentes, que constituyen la cadena de valor agroalimentaria, la cual, se adapta a consideraciones generales de diferentes organizaciones de producción, independiente del nivel de producción y de la escala de producción, es decir, es aplicable tanto a una unidad productiva, como a una organización de mayor escala.

-Se pudo configurar un modelo, en el cual, se obtiene un modelo emergente basado en el desarrollo endógeno, dejando intactas, las prácticas del agricultor, logrando de esta manera, hacer prevalecer que el desarrollo pueda surgir de manera natural, desde los cimientos de las prácticas propias del agricultor, hacia la conformación de redes entre productores, que permitan configurar modelos más complejos de producción, sin perder los productos que generan, basados en la agregación de valor en diferentes niveles de la cadena agroalimentaria, teniendo en cuentas la transferencia de conocimiento entre los actores.

-El modelo planteado puede ser utilizado bajo esquemas de producción agroecológica, pero también aplica a esquemas tradicionales (modelos de monocultivo).

-El uso del modelo debe permitir al productor agilidad de visión de escenarios, para una mejor toma de decisiones, sin hacer que cambie o modifique drásticamente, sus prácticas de cultivo, haciendo emerger a productores, que, utilizando las buenas prácticas, permita configurar conglomerados, siendo estas estructuras de industrias geográficas los disruptivos distritos industriales.

## Recomendaciones

De los resultados y conclusiones obtenidos en este trabajo, se recomiendan las siguientes investigaciones como elementos desagregados en la elaboración de un producto más complejo, que debe ser entregado, como producto final, a los agricultores con la finalidad de mejorar la productividad agrícola. Dichas recomendaciones son las siguientes.

-Desarrollar herramientas de inteligencia de negocios para obtener un mayor soporte, en la toma de decisiones.

-Se recomienda incluir dentro de los modelos, aspectos dedicados a estudiar factores tales como: la resiliencia, el manejo de riesgos, entre otros; los cuales, contribuyen a fortalecer el MoPAR.

-Diseñar un índice de pobreza rural, que permita revelar de manera clara, las necesidades, que realmente padecen los centros de producción agrícolas, a nivel familiar.

-Para investigaciones de postgrados, se recomienda el estudio de la aplicación de inteligencia artificial, para la automatización de procesos, basado en la toma de decisiones, donde se consideren, aspectos que puedan dar respuestas anticipadas a eventos naturales tales como hambrunas, desastres naturales, fenómenos del Niño, fenómenos de la Niña, cambios de climas como nevadas, heladas, entre otros, que perjudican y generan pérdidas económicas tanto en parcelas sembradas como las consecuencias de falta de alimentos.

## Referencias

Becattini, G. (2004). *Del distrito industrial marshalliano a las “teoría del distrito” contemporánea*. Una breve reconstrucción crítica. *Investigaciones Regionales*. 1, 9-32.

CEPAL-FAO. (2020). *Cómo evitar que la crisis del COVID-19 se transforme en una crisis alimentaria Acciones urgentes contra el hambre en América Latina y el Caribe*.

FAO. (2015). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La protección social y la agricultura: romper el ciclo de la pobreza rural*. Roma.

FAO. (2019). *Curso: Pobreza Rural, Seguridad Alimentaria y Nutricional y Sistemas Inclusivos de Protección Social en América Latina y el Caribe*.

Ferraro F. & Aznar Á. (2008). *El distrito agroindustrial de Almería: un caso atípico*. Colección Mediterráneo Económico. Cajamar.

Frison E. (2016). *IPES-Food report From Uniformity to Diversity: A Paradigm Shift from Industrial Agriculture to Diversified Agroecological Systems*. [De la uniformidad a la diversidad]. [www.ipes-food.org](http://www.ipes-food.org).

Koohafkan, P. & Altieri, M. (2011). *Sistemas importantes del patrimonio agrícola mundial. Un legado para el futuro*. FAO. Roma.

La Gra, J. (2016). *Metodología de evaluación de cadenas agroalimentarias para la identificación de problemas y proyectos: un primer paso para la disminución de pérdidas de alimentos*. San José – Costa Rica. IICA.

Porter, M. & Stern S. (2016). *Índice de progreso social*. Incae Business School.

Sen, A. (2000). *Desarrollo y Libertad*. Barcelona: Editorial Planeta.

Sforzi, F. (2008). *Unas realidades ignoradas: de Marshall a Becattini*. Mediterráneo económico. Cajamar. España.

Soler, V. (2008). *Preámbulo: los distritos industriales, como una oportunidad competitiva*. Mediterráneo económico. Cajamar.

Villarreal R. (2001). *México Competitivo 2020, Un Modelo de Competitividad Sistémica para el Desarrollo*. Editorial Océano. México.

## La soberanía alimentaria en el desarrollo local

Arnaldo Vergara-Romero\*

Rafael Sorhegui-Ortega\*\*

César Salvador-Guerra\*\*\*

### RESUMEN

El presente artículo contiene una perspectiva de la Soberanía alimentaria desde el Desarrollo local, donde el primer concepto complementa al desarrollo territorial indistinto a la escala que se maneje. Es muy imperativo que para evaluar las potencialidades del desarrollo local se tiene que emplear como pilar, el derecho a la alimentación, ya que este radica un problema sustancial y evidente en la actualidad a nivel mundial, este problema es la deficiencia nutricional. También se analiza que este metabolismo social puede ayudar a buscar una solución desde lo local a lo regional e incluso a lo global, complementándose los dos conceptos para el beneficio de la sociedad. El tipo de metodología que se utilizó consistió en una revisión sistemática de información actualizada en artículos académicos sobre Soberanía alimentaria y Desarrollo local, la cual fue consultada en bases especializadas como Scopus y Web of Science.

**PALABRAS CLAVE:** bienes comunes, desarrollo local, desarrollo sostenible, desarrollo territorial, soberanía alimentaria.

\*Affiliation: Universidad Ecotec and Universidad Espíritu Santo. MSc.in Economics, Universidad Ecotec and Universidad Espíritu Santo, Docente-Investigador, Research Departments, Samborondón, Ecuador. [avergarar@ecotec.edu.ec](mailto:avergarar@ecotec.edu.ec), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8503-3685>

\*\*Affiliation: Universidad Ecotec. Ph.D. in Economics, Universidad Ecotec, Research Director, Research Departments, Samborondón, Ecuador. [rsorhegui@ecotec.edu.ec](mailto:rsorhegui@ecotec.edu.ec). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7882-5246>

\*\*\* Affiliation: Universidad Ecotec. Msc. in Economics, Universidad Ecotec, Egresado, Research Departments, Samborondón, Ecuador. [cesalvador@delfos.edu.ec](mailto:cesalvador@delfos.edu.ec)

Recibido: 08/09/2020

Aceptado: 03/11/2020

## Food sovereignty in local development

### ABSTRACT

This article contains a perspective of Food Sovereignty from local development, where the first concept complements the indistinct territorial development at the scale that is managed. It is very imperative that to evaluate the potentialities of local development, the right to food must be used as a pillar, since this is a substantial and evident problem at the present time worldwide, this problem is nutritional deficiency. It is also analyzed that this social metabolism can help to find a solution from the local to the regional and even the global, complementing the two concepts for the benefit of society. The type of methodology that was used consisted of a systematic review of updated information in academic articles on Food Sovereignty and Local Development, which was consulted in specialized databases such as Scopus and Web of Science

KEYWORDS: common goods, local development, sustainable development, territorial development, food sovereignty.

### Introducción

El derecho a la alimentación es un derecho humano innato de la población mundial; este derecho se refleja en el organismo internacional de Naciones Unidas, que desarrolló la meta 1c del Primer Objetivo de Desarrollo del Milenio, y esta meta se vuelve a establecer en el Segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible para 2030, denominado “Hambre cero” (ONU, 2019). De igual manera, una dependencia de este organismo es la Organización para la Alimentación y la Agricultura, creada en 1945 con la finalidad de tratar los problemas urgentes de la alimentación mundial (FAO, 2020), la que a su vez estructura en 1974 el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (CSA), implementando el concepto de seguridad alimentaria (McMichael, 2009), pero a pesar de las metas propuestas el mundo se enfrenta a un número creciente de personas que carecen de alimentos suficientes para comer (Parra Contreras, 2020). Las cifras estimadas van desde el 2017 con 811 millones, al 2018 con 820 millones; estas cifras conllevan a una prevalencia de desnutrición de 10.8% (FAO, 2019).

Aunque el discurso hegemónico justifica visiblemente la relevancia de luchar contra el hambre, la práctica muestra que aún faltan medidas concretas y parece que algunas estrategias simplemente han fallado (Dunford, 2020). Bajo este argumento nacen enfoques alternativos que amplían el concepto de seguridad alimentaria y derecho a la alimentación,

conduciendo a una nueva idea política: la Soberanía alimentaria (Patel, 2009). Con este concepto, los derechos de los productores de alimentos a la autodeterminación de su dieta y las técnicas culturales de cultivo agrícola, se tienen en cuenta y se fortalecen por primera vez (Bezner Kerr, Hickey, Lupafya, & Dakishoni, 2019).

A partir de este nuevo concepto nacen muchos movimientos que se esfuerzan por realizar cambios en diferentes escalas territoriales y viendo el problema desde una perspectiva local (Ebel, et al., 2020). Dicha perspectiva orienta un Desarrollo local, provocando efectos sobre la sostenibilidad social, ecológica y económica dentro de estas comunidades (Beingessner & Fletcher, 2020).

En este artículo se muestra al concepto de Soberanía alimentaria como mecanismo para el Desarrollo local, y cómo este proporciona la base para el estudio de los efectos desde lo local hacia un marco internacional global.

## 1. Metodología

El tipo de metodología que se utilizó consistió en una revisión sistemática de información actualizada en artículos académicos sobre Soberanía alimentaria y Desarrollo local, la cual fue consultada en bases especializadas como Scopus y Web of Science, en los periodos comprendidos desde el 2014 hasta el 2020, con búsqueda en título, resumen, palabras claves y en algunos casos el keywords plus de WOS.

Se utilizó el método histórico, ya que se empleó para determinar la evolución del concepto de Soberanía alimentaria, colocando este concepto a la actualidad y posturas modernas sobre el tema que se quiere abordar. Para ello, se utilizó la búsqueda de los términos “food sovereignty”, “food AND sovereignty”, “food sovereignty AND local development” y “food sovereignty AND local economy”. De igual manera se utilizó el método lógico sistémico que suministra la orientación general para dar cumplimiento al objetivo de artículo, a partir de la realización de un análisis integral de la Soberanía alimentaria.

## 2. Revisión teórica

El movimiento global por la Soberanía alimentaria está trabajando en una democratización fundamental del sistema agrícola y alimentario, así como en la reapropiación de bienes comunes. Es de importancia cuestionarse: ¿Qué contribución puede aportar el

concepto de Soberanía alimentaria a la participación de personas de todos los grupos sociales a nivel de desarrollo local?

La respuesta a esta pregunta se la puede encontrar en la Declaración Nyeleni en Sélingué-Malí, con su replicación en el Primer Foro Europeo para la Soberanía alimentaria, que menciona:

Nos oponemos y luchamos contra la mercantilización, la financiación y la patentización de nuestros bienes comunes, como: la tierra, las semillas tradicionales y reproducibles de campesinos y campesinas, las razas de ganado y bancos pesqueros; los árboles y los bosques; el agua, la atmosfera y el conocimiento. El acceso a estos bienes no debe de estar determinado por los mercados o por el capital. A la hora de utilizar estos recursos comunes debemos garantizar el respeto de los derechos humanos, el equilibrio de género, el beneficio del conjunto de la sociedad y el respeto de los derechos de la madre tierra. Nuestros bienes comunes deben ser manejados a través de la gestión colectiva, democrática y del control comunitario (LVC, 2011).

En los últimos años se ha hablado cada vez más de la crisis alimentaria como un problema integrado de múltiples desafíos. Esta crisis, que solo puede entenderse en interacción con muchas otras crisis se manifiesta por un lado en el hecho de que alrededor de 900 millones de personas en el mundo mueren de hambre y no solo en países en desarrollo y en vías de desarrollo (Schwab do Nascimento, Calle-Collado, & Muñoz Benito, 2020). Entre las otras crisis, se puede mencionar la crisis del mercado financiero, energética, climáticos, materias primas, democráticas, sanitarias, etc.

Por otro lado, se manifiesta que en los países desarrollados y/o industrializados, cada vez más personas no tienen acceso a alimentos de alta calidad, culturalmente adaptados y variados (Naylor, 2019). Es significativo exponer que la pobreza alimentaria en los Estados Unidos y la Unión Europea, también se extiende contribuyendo al problema del hambre en el mundo, mediante una expresión de un alto interés en las ganancias del sistema agrícola y alimentario que se alinean en estas dos zonas geográficas (Noll & Murdock, 2020).

Esta estrategia alineada se lleva a cabo mediante la exportación de productos claves para el sistema agrícola y alimentario hacia países del Sur global, reportando resultados de caída de los salarios, aumento de desempleo y la erosión de los sistemas de bienestar (Oteros-Rozas, Ruiz-Almeida, Aguado, González, & Rivera-Ferre, 2019).

Es claro que la industria alimentaria es uno de los pocos sectores que, a pesar de la “Gran Recesión” del 2008, puede esperar un aumento de las tasas de beneficio. Sus productos se basan en materias primas baratas, porque están subsidiadas en varios países, se venden a precios altos y la mayoría de consumidores enferman debido a su alto contenido de grasa y azúcar (Naylor, 2020).

Esto se basa en el pensamiento natural de que todos tenemos que comer, pero son pocas las personas que se preocupan de donde viene los alimentos, quién los produce y en qué circunstancias, qué luchas van de la mano con su distribución. El acceso a la tierra y otros bienes necesarios para la producción de alimentos, como semillas o agua, es un terreno muy disputado a nivel mundial.

La agricultura en su forma agroindustrial también crea muchos problemas según Mckay (2019), por ejemplo:

- La agroindustria es el mayor productor de CO<sub>2</sub> y responsable de la degradación de muchos suelos.
- Los químicos que se usa para producir cada vez más alimentos inferiores contaminan el agua, el aire y el suelo.
- La ingeniería genética, los sistemas de producción controlados por computadora, los mataderos, plantas y animales se degrada a factores de producción.

Los diversos problemas de la agroindustria no son nada nuevo, pero es solo desde la crisis de precios de los alimentos de 2008 que existe un número creciente de investigadores comienzan a percibirlo como un problema coyuntural (Andrade Júnior, 2020).

### 3. Soberanía alimentaria

El concepto de Soberanía alimentaria fue introducido en 1996 en la Cumbre Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) por la Vía campesina, la alianza global de pequeños agricultores, trabajadores agrícolas, pescadores, personas sin tierras e indígenas (Altieri & Toledo, 2011).

Desde entonces, se ha convertido en el levantamiento político rector para la dirección de un número creciente de actores sociales de una amplia variedad de sectores sociales: movimientos, iniciativas y organizaciones del sector agrícola, de la escena de protección

ambiental, organizaciones de derechos humanos, consumidores y movimientos de género, pero en la actualidad también se agrupan movimientos urbanos en todo el mundo; todas estas agrupaciones tienen un marco común que es un cambio fundamental en el sistema agrícola y alimentario (Siebert, 2020).

El concepto de la Soberanía alimentaria no es un modelo terminado, sino que es un modelo que se adapta continuamente a los desafíos sociales, económicos y espaciales respectivos, y se desarrolla aún más democráticamente. Tiene su origen en la crítica del concepto técnico de seguridad alimentaria utilizado por instituciones como la FAO o el Banco mundial. El término Seguridad alimentaria se refiere a la disponibilidad y posiblemente a la calidad de los alimentos, incluyendo el acceso de la población a ellos (Noll & Murdock, 2020).

Sin embargo, el término de Seguridad alimentaria no dice nada acerca de cómo y por quién se producen estos alimentos, quién los distribuye y consume. De este modo, oculta las condiciones de producción, el poder y las relaciones de gobierno, lo que puede llevar a políticas públicas de agricultura basada en monocultivos y ganadería industria, que a su vez contamina el suelo, el agua, daña el clima y necesita a los migrantes como trabajadores mal pagados y precarios; por lo tanto, la Seguridad alimentaria no garantiza el uso sostenible basado en el ciclo y cuidados de los recursos de forma constructiva de la agricultura (Pendergrast, Smith, Liebert, & Bezner Kerr, 2019).

En contraste, la Soberanía alimentaria es el derecho de todas las personas a alimentos buenos y culturalmente adaptados que se producen utilizando métodos de producción sostenible, así como el derecho de las personas, las naciones y las comunidades internacionales a determinar su propia política alimentaria y agrícola (Dale, 2020).

La Soberanía alimentaria se basa en el establecimiento de sistemas de producción locales o regionales que están conectados en red de diversas maneras, el fortalecimiento del control local, la participación y la solidaridad internacional; por lo tanto, en una profunda democratización de las condiciones sociales, ecológicas y económicas que dan forma al sistema agrícola y alimentario (Rivera-Núñez, Fargher, & Nigh, 2020).

#### 4. Desarrollo local

El Desarrollo local incorpora una habilidad diferente para el desarrollo en la sociedad global. Sorhegui-Ortega, expone un concepto amplio de Desarrollo local como:

El proceso reactivo de la economía y dinamizador de la sociedad local, que mediante el aprovechamiento de recursos endógenos existentes en una determinada zona o espacio físico es capaz de estimular y fomentar su crecimiento económico, crear empleo, renta, riqueza y sobre todo, mejorar la calidad de vida y el bienestar social de la comunidad (Sorhegui-Ortega, 2015).

La teoría del desarrollo local supone una expansión del concepto clásico de desarrollo, tomando en cuenta aspectos económicos, ecológicos, socioculturales y políticos. Consecuentemente, es crucial que tanto la población como los tomadores de decisiones identifiquen con la región como su área viva y económica, por lo tanto, existe una conciencia regional (León-Segura & Sorhegui-Ortega, 2019).

Es importante definir que el núcleo de la estrategia de desarrollo local es reconocer el potencial subutilizado y luego activarlo. Según Foissner (2000), se deben identificar esos potenciales locales con los siguientes criterios, tal como se muestra en la figura 1:

El criterio del cuello de botella se basa en la diferente escasez de los potenciales individuales, de modo que los potenciales utilizados limitan las actividades locales y deben ser sustituidos por otros; un ejemplo es la capacidad de alimentación y nutrición.

El criterio de talento tiene como objetivo identificar los potenciales locales que compiten en la competencia regional.

Finalmente, el criterio de integración es llevar los potenciales a los ciclos regionales para lograr efectos de sinergia, porque la restricción de uno de estos criterios puede tener consecuencias indeseables. Los tres criterios deben usarse para mantener abierta las opciones de desarrollo regional.

## 5. Los bienes comunes entre la Soberanía alimentaria y el Desarrollo local

La variedad de cultivos agrícolas y ganaderos, los métodos de cultivo y las tecnologías para la producción de alimentos se han desarrollado, utilizado, conservado y adaptado a lo largo de miles de años. Fue y es considerado por muchos productores como bien común o bienes comunes, como base para que toda la agricultura sea compartida, administrada y protegida.

En un proceso históricamente único, estos recursos y su conocimiento subyacente fueron y son expropiados para la producción de alimentos capitalista. Las patentes sobre la vida, los reglamentos sobre la legislación de semillas en interés de las multinacionales agrícolas y la apropiación de las reservas de agua son solo algunos ejemplos de cómo organiza la exclusión sistemática que se dan en localidades de pequeña escala, afectando su desarrollo común (Mamonova & Franquesa, 2019).

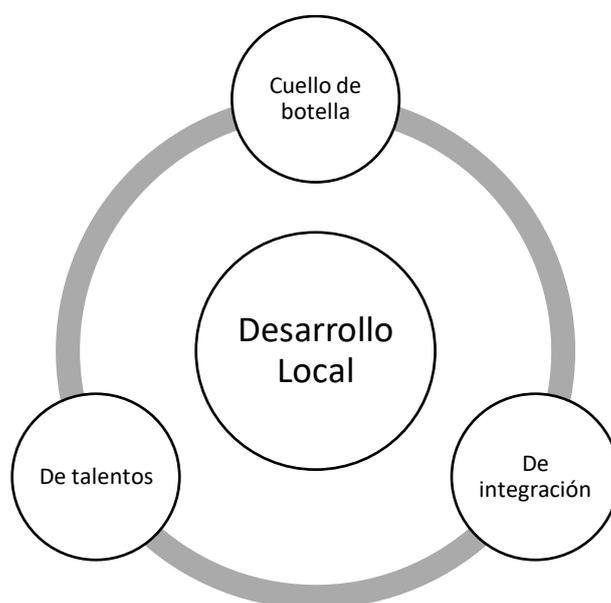


Figura 1. Criterios de potencialidades de Desarrollo local. Tomado de Foisner (2000).

A través de la mercantilización, la privatización y la monopolización del acceso a los “bienes comunes”, este se regula por los mercados y el dinero, en lugar de ser objeto de negociaciones democráticas y procesos de diseño. Además, las corporaciones toman el control de lo que probablemente sea el bien común más importante en el campo de la producción de alimentos: el suelo. El acaparamiento de tierras está impulsado, entre otras cosas, por las políticas comerciales, energéticas y climáticas de los países más desarrollados y estos sirven a los intereses lucrativos del agronegocio y del capital financiero en busca de oportunidades de inversión (Stella, et al., 2019).

Se toma el ejemplo de las semillas, ya que es ideal para ilustrar los mecanismos de mercantilización y apropiación de bienes comunes. La semilla es la base de toda la diversidad

agrícola y fue un bien común durante miles de años. En la actualidad, las semillas también son un producto importante que está sujeto a numerosas regulaciones nacionales e internacionales. Y, por último, pero no menos importante, las semillas son objeto de deseo de algunas multinacionales (Ruiz-Almeida & Rivera-Ferre, 2019).

El deseo de las multinacionales sobre las semillas es debido a que la mayoría de las semillas utilizadas en la agricultura industrializada y orientada al mercado deben comprarse a un precio costoso. Se están desarrollando nuevas variedades híbridas con propiedades aún mejores en laboratorios de alta tecnología, pero los agricultores no pueden influir en las características de variedad deseadas, ni se les permite replicar semillas (Martínez-Torres & Rosset, 2010).

Además, la industria agroquímica intenta influir en las regulaciones de la legislación sobre semillas en beneficio a los intereses de dichas corporaciones, por ejemplo, la regulación de semillas negociada actualmente por las naciones en el mundo amenaza con restringir aún más los derechos de los agricultores para comerciar y vender semillas, al tiempo que fortalece los intereses corporativos (Bilewicz, 2020).

Sin embargo, las corporaciones multinacionales hacen más que solo controlar las semillas, estas corporaciones practican el mecanismo de patentar la propiedad intelectual de los métodos de mejoramiento genético y, por lo tanto, establecen una red difícil de entender en los sistemas internacionales de comercio y licencias (McMichael, 2009).

Este comercio de propiedad intelectual vulnera la agricultura tradicional, al igual que el compartir y controlar el propio conocimiento o conocimiento ancestral. Sin embargo, las semillas son la base de la subsistencia de la población, particularmente en numerosos países de África y Latinoamérica. Las regulaciones y el patentado privan a los agricultores de sus bases de producción y les niegan a los ciudadanos el acceso a alimentos variados y producidos de forma local (Levkoe, Brem-Wilson, & Anderson, 2019).

Los movimientos sociales que defienden la Soberanía alimentaria son conscientes de que su lucha solo puede tener éxito si reclaman sus bienes comunes. Principalmente si se trata de acceso seguro y no discriminatorio, así como el control y la preservación sostenible de dichos bienes.

## 6. Una buena alimentación para el Desarrollo local

Es un hecho bien conocido que el hambre y la desnutrición no se basan en problemas de producción, sino en problemas de acceso y esto a su vez trae conflictos en el Desarrollo local. El acceso a los alimentos se organiza en el sistema capitalista mediante el control de la tierra y otros recursos productivos o mediante el mercado, es decir, a través de las relaciones de intercambio. Las personas que padecen hambre en ocasiones no tienen recursos productivos o dinero, por lo tanto, se pueden considerar personas en extrema pobreza y no pueden pagar por suficientes alimentos para su desarrollo personal (Borras, 2020).

Pero, ¿Qué pasa con los países industrializados? ¿Qué pasa con sus sistemas de producción de alimentos altamente diferenciados y de división de trabajo? ¿Puede la reconquista de los bienes comunes ayudar a combatir la pobreza? ¿Son los diversos proyectos alternativos relacionados con la alimentación y su producción un componente básico para una sociedad más justa e igualitaria?

Las iniciativas y movimientos que desean establecer y anclar la Soberanía alimentaria como una práctica cotidiana están trabajando para democratizar la forma en que se producen, fabrican y distribuyen los alimentos. Se trata de asumir la responsabilidad del estilo de vida, de las generaciones futuras y el estado actual del sistema agrícola y alimentario a nivel de países desarrollados o en vías de desarrollo (Gordon, 2020).

El núcleo del concepto de Soberanía alimentaria es el derecho de los actores, es decir, todos los que producen, procesan, distribuyen y comen alimentos, a negociar democráticamente el diseño del sistema. Para poder ejercer este derecho a la inclusión y participación, se necesitan requisitos previos que no son una cuestión habitual en nuestra sociedad, que se caracteriza por mecanismos de exclusión y relaciones de poder. Las personas de bajos ingresos y/o en extrema pobreza en particular a menudo están excluidas de la participación, por lo tanto, la Soberanía alimentaria quiere y debe luchar por condiciones que permitan a todos reclamar sus derechos (Baker-Médard & Faber, 2020).

El derecho a tener derechos es el principio rector y el prerequisite básico para la democratización de nuestro sistema agrícola y alimentario, por lo tanto, la Soberanía alimentaria es, ante todo, una emancipación, un modelo social basado en la solidaridad entre ellos, que tiene como objetivo realinear democráticamente la economía a las necesidades reales de las personas y transformar los bienes expropiados, privatizados y comercializados

en bienes comunes, para usarlos y administrarlos de una manera democrática de base igualitaria (Levidow, Sansolo, & Schiavinatto, 2019).

## 7. ¿Y su aplicación?

Un ejemplo destacado de resistencia, organización y solidaridad en el sentido de la Soberanía alimentaria se puede observar en la reciente crisis en Grecia. En muchos casos, la población que sufre políticas de austeridad ya no puede obtener alimentos básicos. El precio de la papa se elevó en tiempos de crisis, llevando los márgenes de beneficio a los intermediarios, mientras que los productores seguían recibiendo valores bien bajos por su producto. Bajo este comportamiento de mercado en tiempo de crisis, el campesinado griego funda el “movimiento de papas”.

En primer lugar, los agricultores distribuían papas a la población de forma gratuita, después se fundaron las primeras plataformas de marketing directo para vender papas, pero luego también se anexaron otros alimentos básicos, dando así un nuevo mercado que se vende directamente al ciudadano y eliminar el comercio intermedio de los grupos de productores.

En la actualidad, el movimiento “sin intermediarios” (CHORIS MESAZONTES, en griego) organiza los mercados de agricultores en numerosas ciudades griegas. No solo se trata de productos asequibles para los consumidores finales y los precios al productor que cubren los costos, sino también de solidaridad e iniciativa. De igual manera, se organizan divisiones organizativas a pequeña escala que organizan ventas sin comercio intermedio y están comprometidos con la privatización del agua o las cargas tributarias inapropiadas, incluyendo las necesidades de las personas particularmente afectadas por la pobreza. Por ejemplo, los comestibles que no se vendieron en los mercados de agricultores se distribuyen a los necesitados de forma gratuita por la noche (Matacena & Corvo, 2019).

El concepto de la Soberanía alimentaria está creciendo y progresando no solo en los países afectados por la “Gran recesión”, donde las políticas de austeridad han tenido consecuencias dramáticas para la población (Beingessner & Fletcher, 2020). Existen prácticas de Soberanía alimentaria a nivel local, regional y mundial: jardines interculturales, mercados de intercambio de plantas, cooperativas de alimentos, patios comunitarios, proyectos de agricultura urbana, cooperación de agricultores, plantación comunitaria, etc. En

todas las iniciativas y movimientos expuesto, las personas trabajan para conquistar la producción y distribución de alimentos (Levkoe, Brem-Wilson, & Anderson, 2019).

En la actualidad, debido al número y/o tamaño, estas iniciativas y movimientos aun no pueden detener el sistema agrícola y alimentario vigente y sus mecanismos de exclusión y represión. A pesar de sus aspiraciones, hasta ahora no han logrado incluir a las personas que tienen que vivir en la pobreza en un grado insuficiente. Todavía se necesita un cierto esfuerzo y procesos de aprendizaje comunes para lograr la participación de personas de todos los grupos sociales y para abrir un alcance autónomo para la acción, incluso para los excluidos (Ho, 2020).

## Conclusiones

La necesidad de implementar alternativas de pensamientos heterodoxos sobre alimentación y que, a su vez, beneficie al desarrollo local es muy evidente en las páginas anteriores, que dan pauta al marco contextual que se vive en la actualidad.

El devenir histórico sobre la alimentación, lleva a reflexionar que el buen uso de los bienes comunes refuerza al progreso del concepto de Soberanía alimentaria. Este progreso es un factor muy importante que ayuda al desarrollo local, ya que sin alimentación no podría surgir un desarrollo pleno, pues el hambre entra en un círculo vicioso entre la salud y la productividad.

Es significativo concluir que para complementar el metabolismo social todavía falta más esfuerzo de los colectivos y/o territorios a pequeña escala y que se necesita poner a disposición experiencias, practicar intercambios, mostrar solidaridad, compromiso y creatividad, estos son requisitos esenciales para un movimiento que apunta al bienestar de la sociedad y el desarrollo local.

## Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomienda:

-Un análisis multivariante exploratorio sobre las dimensiones del concepto de Soberanía alimentaria, para revisar los componentes principales que tengan una relación con la variable latente de investigación, para luego realizar investigaciones confirmatorias.

-Un análisis correlacional entre la latente de investigación (Soberanía alimentaria) y el Valor Agregado Bruto (VAB) territorial, para analizar el contexto del crecimiento económico y los mecanismos agroecológicos.

-Realizar un análisis fenomenológico sobre la incidencia de cada país latinoamericano que tenga inmersa mediante ley el concepto de Soberanía alimentaria.

## Referencias

Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: Rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, 38(3), 587-612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>.

Andrade Júnior, H. d. (2020). Combating global hunger and forging a path to food sovereignty. *Cadernos de Saúde Pública*, 36(1), 1-3. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00208719>.

Baker-Médard, M., & Faber, J. (2020). Fins and (Mis)fortunes: Managing shark populations for sustainability and food sovereignty. *Marine Policy*, 113, <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103805>.

Beingessner, N., & Fletcher, A. J. (2020). "Going local": farmers' perspectives on local food systems in rural Canada. *Agriculture and Human Values*, 37(1), 129-145. <https://doi.org/10.1007/s10460-019-09975-6>.

Bezner Kerr, R., Hickey, C., Lupafya, E., & Dakishoni, L. (2019). Repairing rifts or reproducing inequalities? Agroecology, food sovereignty, and gender justice in Malawi. *Journal of Peasant Studies*, 46(7), 1499-1518. <https://doi.org/10.1080/03066150.2018.1547897>.

Bilewicz, A. M. (2020). Beyond the Modernisation Paradigm: Elements of a Food Sovereignty Discourse in Farmer Protest Movements and Alternative Food Networks in Poland. *Sociologia Ruralis*, 1-19. <https://doi.org/10.1111/soru.12295>.

Borras, S. M. (2020). Agrarian social movements: The absurdly difficult but not impossible agenda of defeating right-wing populism and exploring a socialist future. *Journal of Agrarian Change*, 20(1), 3-36. <https://doi.org/10.1111/joac.12311>.

Dale, B. (2020). Alliances for agroecology: from climate change to food system change. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 44(5), 629-652. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1697787>.

Dunford, R. (2020). Converging on food sovereignty: transnational peasant activism, pluriversality and counter-hegemony. *Globalizations*, 0(7), 1-15. <https://doi.org/10.1080/14747731.2020.1722494>.

Ebel, R., Fallahi, E., Griffis, J. L., Nandwani, D., Nolan, D., Penhallegon, R. H., & Rogers, M. (2020). Urban horticulture, from local initiatives to global success stories. *HortTechnology*, 30(1), 4-5. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04525-19>.

FAO. (2020). Food and Agriculture Organization. Recuperado el 02 de noviembre de 2020, de <http://www.fao.org/about/es/>

FAO. (2019). Food and Agriculture Organization. Recuperado el 05 de abril de 2019, de <http://www.fao.org>: <http://www.fao.org/hunger/es/>

Foissner, P. (2000). Endogene Entwicklung in peripheren Regionen : Möglichkeiten der Aktivierung endogener Potenziale in der Region Vorpommern. *Raumforschung und Raumordnung*, 58(4), 297-306. <https://doi.org/10.1007/BF03183795>.

Gordon, R. (2020). Productive Paradoxes: Exploring Prefigurative Practices with Derrida through a Spanish Food Sovereignty Collective. *Antipode*, 1-17. <https://doi.org/10.1111/anti.12619>.

Ho, H. T. (2020). Cosmopolitan locavorism: global local-food movements in postcolonial Hong Kong. *Food, Culture and Society*, 23(2), 137-154. <https://doi.org/10.1080/15528014.2019.1682886>.

León-Segura, C. M., & Sorhegui-Ortega, R. (2019). El Desarrollo Local en la Globalización. *Revista Economía y Desarrollo*, 138(2).

Levidow, L., Sansolo, D., & Schiavinatto, M. (2019). Agroecological practices as territorial development: an analytical schema from Brazilian case studies. *Journal of Peasant Studies*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/03066150.2019.1683003>.

Levkoe, C. Z., Brem-Wilson, J., & Anderson, C. R. (2019). People, power, change: three pillars of a food sovereignty research praxis. *Journal of Peasant Studies*, 46(7), 1389-1412. <https://doi.org/10.1080/03066150.2018.1512488>.

LVC. (2011). La Vía Campesina. Recuperado el 05 de abril de 2020, de <https://viacampesina.org/>: <https://viacampesina.org/es/declaracion-nyeleni-europa-por-la-soberania-alimentaria-en-europa-ya/>

Mamonova, N., & Franquesa, J. (2019). Populism, Neoliberalism and Agrarian Movements in Europe. Understanding Rural Support for Right-Wing Politics and Looking for Progressive Solutions. *Sociologia Ruralis*, <https://doi.org/10.1111/soru.12291>.

Martínez-Torres, M., & Rosset, P. M. (2010). La vía campesina: The birth and evolution of a transnational social movement. *Journal of Peasant Studies*, 37(1), 149-175. <https://doi.org/10.1080/03066150903498804>.

Matacena, R., & Corvo, P. (2019). Practices of Food Sovereignty in Italy and England: Short Food Supply Chains and the Promise of De-Commodification. *Sociologia Ruralis*, <https://doi.org/10.1111/soru.12283>.

- McKay, B. M. (2019). Food sovereignty and neo-extractivism: limits and possibilities of an alternative development model. *Globalizations*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/14747731.2019.1691798>.
- McMichael, P. (2009). A food regime genealogy. *Journal of Peasant Studies*, 36(1), 139-169. <https://doi.org/10.1080/03066150902820354>.
- Naylor, L. (2019). Food sovereignty in place: Cuba and Spain. *Agriculture and Human Values*, 36(4), 705-717. <https://doi.org/10.1007/s10460-019-09938-x>.
- Naylor, L. (2020). Geopolitics and Food Sovereignty: Cuban Imaginaries. *Geopolitics*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/14650045.2019.1707187>.
- Noll, S., & Murdock, E. G. (2020). Whose Justice is it Anyway? Mitigating the Tensions Between Food Security and Food Sovereignty. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 33(1), <https://doi.org/10.1007/s10806-019-09809-9>.
- Oteros-Rozas, E., Ruiz-Almeida, A., Aguado, M., González, J. A., & Rivera-Ferre, M. G. (2019). A social-ecological analysis of the global agrifood system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(52), 26465-26473. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912710116>.
- ONU. (abril de 2019). Organización de Naciones Unidas. Recuperado el 05 de abril de 2019, de <https://www.un.org>: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- Parra Contreras, R. (2020). Una perspectiva del mundo que se nos avecina, *Revista de la Universidad del Zulia*, 11 (29), 3-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.46925/rdluz.29.01>
- Patel, R. (2009). What does food sovereignty look like? *Journal of Peasant Studies*, 36(3), 663-706. <https://doi.org/10.1080/03066150903143079>.
- Pendergrast, T. L., Smith, B. J., Liebert, J. A., & Bezner Kerr, R. (2019). Introduction to the symposium: rethinking food system transformation—food sovereignty, agroecology, food justice, community action and scholarship. *Agriculture and Human Values*, 36(4), 819-823. <https://doi.org/10.1007/s10460-019-09952-z>.
- Rivera-Núñez, T., Fargher, L., & Nigh, R. (2020). Toward an Historical Agroecology: an academic approach in which time and space matter. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 1-37. <https://doi.org/10.1080/21683565.2020.1719450>.
- Ruiz-Almeida, A., & Rivera-Ferre, M. G. (2019). Internationally-based indicators to measure Agri-food systems sustainability using food sovereignty as a conceptual framework. *Food Security*, 11(6), 1321-1337. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00964-5>.
- Schwab do Nascimento, F., Calle-Collado, Á., & Muñoz Benito, R. (2020). Economía social y solidaria y agroecología en cooperativas de agricultura familiar en Brasil como forma de desarrollo de una agricultura sostenible. *CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa* (98), 189. <https://doi.org/10.7203/ciriec-e.98.14161>.

Siebert, A. (2020). Transforming urban food systems in South Africa: unfolding food sovereignty in the city. *Journal of Peasant Studies*, 47(2), 401-419. <https://doi.org/10.1080/03066150.2018.1543275>.

Sorhegui-Ortega, R. (2015). ¿Es viable el desarrollo local en Cuba? En: <http://roa.ult.edu.cu/handle/123456789/3235>

Stella, G., Coli, R., Maurizi, A., Famiani, F., Castellini, C., Pauselli, M., . . . Manconi, M. E. (2019). Towards a National Food Sovereignty Plan: Application of a new Decision Support System for food planning and governance. *Land Use Policy*, 89, 104216. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104216>.

## Development of a methodology for determining the financial security of rural areas

Gamlet Y. Ostaev \*  
Inna A. Mukhina \*\*  
Elena V. Alexandrova \*\*\*  
Elena V. Belokurova \*\*\*\*  
Lyudmila G. Titova \*\*\*\*\*

### ABSTRACT

The current state of most of Russia's territories is such that the development rates of specific regions remain low. This phenomenon does not allow for sustainable long-term economic security. Therefore, it is necessary to develop measures to determine the financial stability of the individual regions and territories of the country for the purposes of their development under current conditions. In this sense, the real problem is to determine the financial indicators to assess the economic security of rural areas. This can be achieved through the formation of a scientifically based action algorithm aimed at improving the situation in rural areas. The research topic is the formation of a system to identify financial indicators in the evaluation of the economic security of rural areas. The theoretical and practical significance of solving problems related to the achievement of sustainable development in rural areas determined the choice of goals, objectives, object and theme of this study. Based on the above, the object of the study is the municipal budget and agricultural enterprises as the basis for the development of rural areas. The purpose of the study is to establish the methodology for evaluating financial security in rural areas as a financial management instrument at the municipal level. The following tasks were implemented in the course of the study: selection of financial indicators based on official and expert sources; Foundation of the mathematical apparatus to calculate the comprehensive and private indicators of the financial security of the territory using the principles of qualimetry (the science of measuring quality). The proposed methodology allows to systematize the financial and economic indicators, it serves as the main calculation of the financial and economic security of the Udmurt Republic; the methodology can also be applied to other rural areas of the country.

KEY WORDS: monitoring, financial security, rural areas, assessment.

\* Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Accounting, Finance and Audit, Izhevsk State Agricultural Academy, 426069, Izhevsk, Studencheskaya Street, 11. Spin-code: 3674-4120. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0869-7378>.

\*\* Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics of the Agro-Industrial Complex, Izhevsk State Agricultural Academy, 426069, Izhevsk, Studencheskaya Street, 11. The Udmurt State University 426034, Russia, Izhevsk, Universitetskaya Street, 14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1789-7275>.

\*\*\* Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Organization of Production and Economic Analysis, Izhevsk State Agricultural Academy, 426069, Izhevsk, Studencheskaya Street, 11. Spin-code: 8928-7417. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8682-2755>.

\*\*\*\* Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Tyumen Industrial University, a branch in the city of Nizhnevartovsk, 628600, Khanty-Mansi Autonomous district, Nizhnevartovsk, Lenin Street., 2 con.9. Spin-code: 6442-4600. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0809-4446>.

\*\*\*\*\* Doctor of Political Sciences, Professor of the Department of social and political theories, faculty of social and political Sciences, P.G. Demidov Yaroslavl State University, 150003, Yaroslavl, Sovetskaya Street, 14. Spin-code: 9863-6988. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4168-7753>.

Recibido: 30/10/2020

Aceptado: 01/12/2020

## Desarrollo de una metodología para determinar la seguridad financiera de las zonas rurales

### RESUMEN

El estado actual de la mayoría de los territorios de Rusia es tal, que las tasas de desarrollo de las regiones específicas se mantienen en un nivel bajo. Este fenómeno no permite lograr una seguridad económica sostenible a largo plazo. Por lo tanto, es necesario desarrollar medidas para determinar la estabilidad financiera de las regiones y territorios individuales del país a los efectos de su desarrollo en las condiciones actuales. En este sentido, el problema real es determinar los indicadores financieros para evaluar la seguridad económica de las zonas rurales. Esto se puede lograr a través de la formación de un algoritmo de acciones con base científica orientada a mejorar la situación en las zonas rurales. El tema de la investigación es la formación de un sistema para identificar indicadores financieros en la evaluación de la seguridad económica de las áreas rurales. La trascendencia teórica y práctica de la resolución de problemas relacionados con el logro del desarrollo sostenible de las zonas rurales determinó la elección de metas, objetivos, objeto y tema de este estudio. Con base en lo anterior, el objeto del estudio es el presupuesto municipal y las empresas agrícolas como base para el desarrollo de las zonas rurales. El propósito del estudio es fundamentar la metodología de evaluación de la seguridad financiera de las zonas rurales como instrumento de gestión financiera a nivel municipal. Las siguientes tareas fueron implementadas en el curso del estudio: selección de indicadores financieros basados en fuentes oficiales y expertas; fundamentación del aparato matemático para calcular los indicadores integrales y privados de la seguridad financiera del territorio utilizando los principios de la cualimetría (la ciencia de medir la calidad). La metodología propuesta permite sistematizar los indicadores financieros y económicos, sirve como el cálculo principal de la seguridad financiera y económica de la República de Udmurt; la metodología también se puede aplicar a otras áreas rurales del país.

**PALABRAS CLAVE:** seguimiento, seguridad financiera, áreas rurales, evaluación.

### Introduction

Financial security is one of the most important components of the economic security of rural areas (Alborov and Kontsevov, 2016). The main regulatory documents regulating issues of economic security and financial security can be considered: the Constitution of the Russian Federation (Articles 74, Article 75); Decree of the President of the Russian Federation of May 13, 2017 No. 208 "On the Strategy of Economic Security of the Russian Federation for the Period until 2030 of the year".

Considering the level of the municipality, we turned to the Budget Code, which clearly defines the budgetary powers of municipalities (Alekseeva, 2020; Kondratyev et al., 2019).

The executive authorities of districts, cities, urban districts, rural and settlement administrations that ensure (within the framework of the powers granted) the implementation of a unified state financial policy and carry out general management of financial resources in the territory are called financial bodies of the municipalities of the Russian Federation (Botkin et al., 2020).

They are part of the structure of the executive authorities of municipalities and are an important component of the unified system of state financial management bodies. They act in accordance with the provisions approved by the head of the administration of the relevant municipality (Gogolev et al., 2020).

The main tasks of state bodies carrying out financial activities at the level of municipalities of the Russian Federation:

- 1) drawing up a draft budget;
- 2) execution of the budget of the municipal formation (Kontsevaya, 2017; Ostaev et al., 2019).

## 1. Methodology

The development of the world and national economy in modern conditions is characterized by multiple transition processes, accompanied by both local and global crises (Endovitsky et al., 2019; Krivorotov et al., 2015).

Quite a lot of attention is paid to the issues of assessing the financial security of the country and the region, but there is practically no serious research devoted to the financial security of municipalities and, in particular, rural areas (Kondratiev et al., 2020; Molchan et al., 2017).

The starting point here can be the system of Monitoring and assessing the quality of municipal finance management, which is aimed at creating prerequisites for increasing the efficiency of local government bodies by creating incentives for the development of the level of financial management in public law formations of local importance (Mukhin and Mukhin, 2018; Mukhin et al., 2020).

These prerequisites are tasks, the solution of which is provided by the system for monitoring and assessing the quality of financial management (Figure 1).

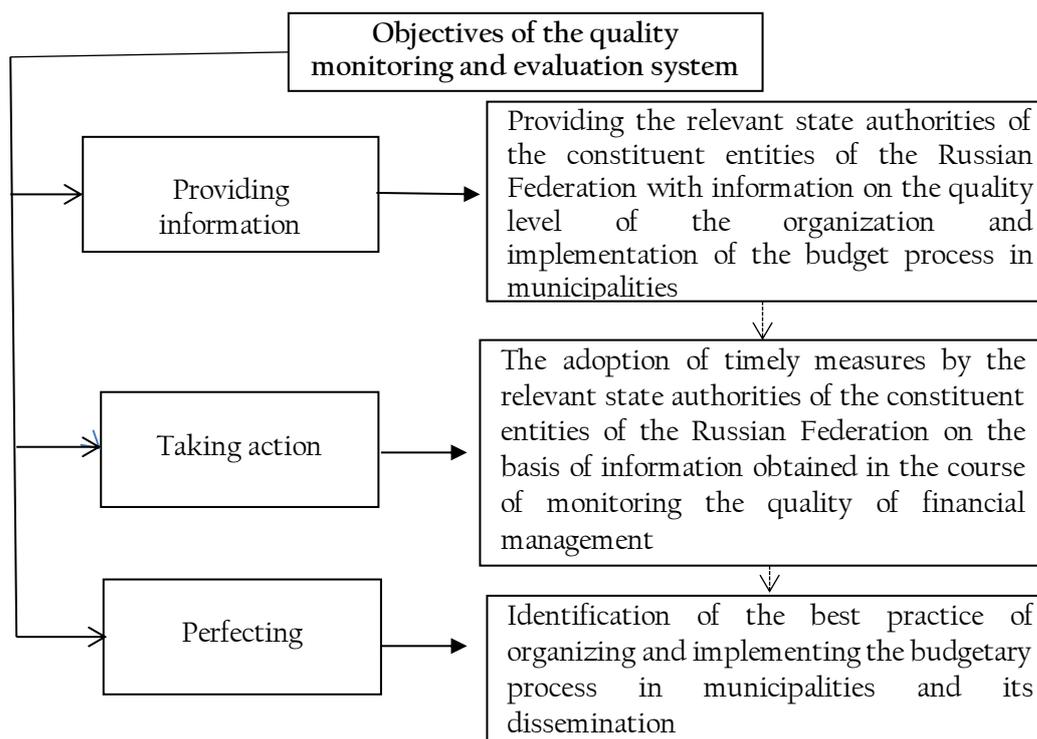


Figure 1- Tasks, the solution of which is provided by the system for monitoring and assessing the quality of financial management (authoring)

We examined the possibilities of developing a financial security system for rural areas, taking into account the regulatory and statistical framework (Molchan et al., 2020).

After evaluating the accumulated experience in managing municipal rural areas, we proposed a systematization of indicators of economic development, and the calculation of integral and private indicators of financial security of the territory using the principles of qualimetry (Mukhina, 2018; Ostaev et al., 2018).

The technique includes the following steps:

Stage 1. Selection and calculation of the main indicators of the economic development of rural areas, including financial ones.

It should be borne in mind:

a) we purposefully study economic aspects, not including social, environmental indicators, etc., based on the purpose of the study;

b) information is used only from official sources; therefore, it is of an aggregated nature. There are the following disadvantages: there is no accounting for more detailed aspects of the economic activity of each economic entity; the set of indicators does not allow studying the business and financial activity of economic entities.

c) the set of indicators should take into account the specifics of agricultural (agricultural) production; therefore, information is used on the forms of reporting on the financial and economic status of producers of the agro-industrial complex (agriculture) (Markovina et al., 2020; Mukhina et al., 2020).

Stage 2. Quantitative and qualitative assessment of economic security by comparative assessment of actual data with threshold values and desired development trends from the standpoint of the ability of the territory's economy to sustainable growth.

The partial and integral coefficients of economic security are determined (Kontsevaya et al., 2019; Frantsisko et al. 2020).

Stage 3. Revealing the directions of economic threats by the levels of the system of indicators, including particular criteria (Sheremet, 2009).

A system of scales is proposed that indicates the level of financial security stability (Figure 2).

Stage 4. Substantiation of recommendations to improve economic security (Endovitsky and Durakova, 2018).

The descriptive method was applied during the study; this method is a system of procedures for collecting, primary analysis and presentation of data and their characteristics.

## 2. Results and discussion

The algorithm for constructing a development system, and the calculation of integral and private indicators of the financial security of the territory should take into account different indicators.

First stage. Selection of the main indicators of financial and economic development of rural areas.

The group financial safety factor will accordingly be calculated for each group.

Group 1 - indicators of the quality of municipal finance management.

In this group of indicators, we select summary indicators in the areas determined by the Monitoring Methodology.

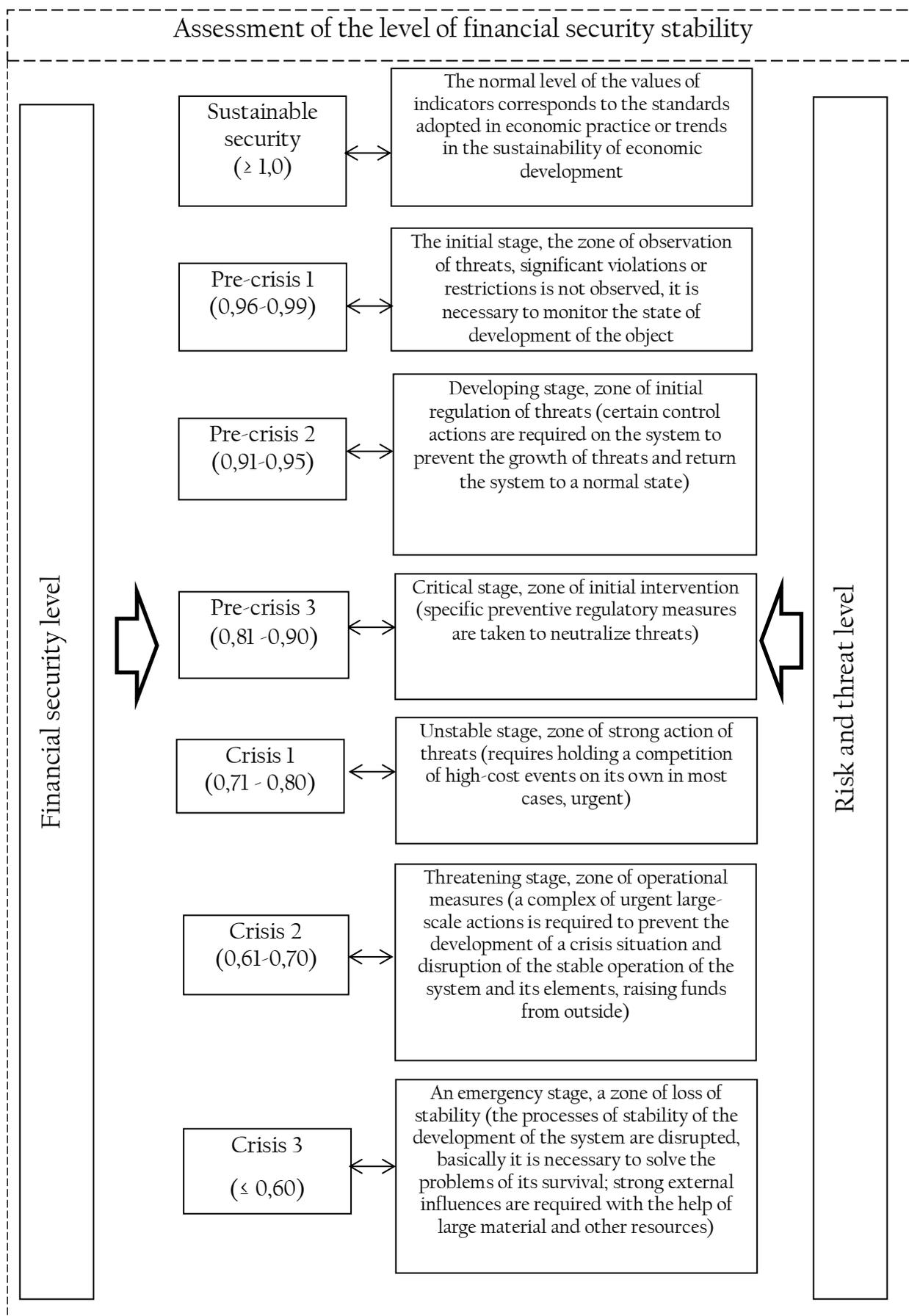


Figure 2 - Scaling the level of financial security stability (author's development)

Group 2 - indicators of economic development.

In this group, the emphasis is on financial indicators and objects of taxation.

Group 3 - financial results of business activities of large and medium-sized organizations.

The peculiarity of this group is that indicators are selected that characterize the value of the property of business entities, and some indicators of the financial condition of organizations in the region, which are presented in the official reporting, as well as the author's calculations of the financial condition of business entities.

Group 4 - indicators of the efficiency of agricultural production.

The indicators characterizing the financial and production results and the results of the effectiveness of state support for 2016-2018 were selected based on the data of financial statements of 17 farms in the Balezinsky district of the Udmurt Republic (Table 1).

Table 1 - Indicators for calculating the financial security ratios of rural areas on the example of Balezinsky district

Name	2016	2017	2018
<b>Group I “Indicators of the quality of municipal finance management”</b>			
1.1. Indicators characterizing the quality of budget planning	11,3542	11,6508	9,3219
1.2. Indicators characterizing the quality of budget execution	11,3376	14,717	12,7416
1.3. Indicators characterizing the quality of debt management	10,9185	11,9256	11,9186
1.4. Indicators characterizing the quality of municipal property management and the provision of municipal services	7,1874	8,3568	8,4167
1.5. Indicators characterizing the degree of transparency of the budget process	4,3124	5,5868	4,537
1.6. Indicators characterizing the implementation of the decrees of the President of the Russian Federation of May 7, 2012	7,1529	5,5694	7,7504
1.7. Indicators characterizing the organization of financial control and audit	7,6985	7,2013	9,9993

<b>Group 2 “Indicators of economic development of the municipality (financial results and objects of taxation)”</b>			
2.1. The ratio of the revenue and expenditure parts of the municipal budget	0,97	0,98	1,01
2.2. The share of tax and non-tax revenues of the local budget (excluding tax revenues according to additional deduction rates) in the total volume of the municipal budget's own revenues (excluding subventions), %	50,52	45,15	55,15
2.3. Share of fixed assets of organizations of municipal form of ownership that are in the stage of bankruptcy in fixed assets of organizations of municipal form of ownership (at the end of the year at full book value), %	0,00	0,00	0,00
2.4. The volume of investments in fixed assets (excluding budget funds) per capita, rubles	4515,60	7817,71	4840,88
2.5. The share of the area of land plots that are objects of taxation by land tax in the total area of the territory of the urban district (municipal district), %	25,39	25,31	25,70
2.7. Average monthly nominal accrued wages of employees of large and medium-sized enterprises, rubles	19608,90	21511,80	24358,60
<b>Group 3 “Financial indicators of entrepreneurial activity of large, medium -sized organizations and small enterprises”</b>			
3.1. Amount of funds allocated to support SMEs, thousand rubles	3850	56346,4	80308
3.2. The value of the property of organizations not related to small businesses, million rubles	1965,6	2039,0	1812,9
3.3. Capital and reserves of organizations not related to small businesses, million rubles	975,4	1070,6	1179,7
3.4. Balanced financial result (profit minus loss) of organizations' activities, million rubles	61,7	65,6	34,9
3.5. Share of unprofitable organizations that are not small businesses, %	25,0	14,3	46,2
3.6. The amount of losses incurred by organizations other than small businesses, million rubles	23,6	53,6	44,0

3.7. The excess of accounts payable over accounts receivable as a percentage of organizations receivable, %	42,2	68,4	39,0
3.8. Costs for the production and sale of sold goods, products, works, services of organizations not related to small businesses, per 1 ruble of sales proceeds, rubles	1167	1232	1193
3.9. Profitability of sold goods, products, works, services of organizations, %	4,0	8,0	0,7
3.10. Profitability of all assets of organizations, %	3,1	3,2	1,9
3.11. Organizational autonomy ratio	49,6	52,5	65,1
3.12. Coefficient of provision with own working capital of organizations	-3,2	9,5	27,2
3.13. Current liquidity ratio of organizations	131,4	162,9	199,5
<b>4 group "Financial indicators of the efficiency of agricultural production"</b>			
4.1. Ratio of revenue from the total cost of milk production and sales, %	108,8	115,3	108,2
4.2. The ratio of proceeds from the total cost of production and sale of meat, %	71,0	74,8	63,0
4.3. Agricultural products in all categories of farms in the district, million rubles	2598	2743	2717
4.4. Share of profitable agricultural organizations in their total number	88,24	82,35	76,47
4.5. Profit before tax per employee, thousand rubles	24,9	40,7	11,0
4.6. Taxes paid per 1 ha x-lands, thousand rubles	0,79	0,71	0,74
4.7. Agricultural products sold per 1 ruble of state support, rubles	9,48	11,36	10,9
4.8. Profit volume for 1 ruble of state support, rubles	0,38	0,68	0,17

**\*Authoring**

Second stage. Quantitative and qualitative assessment of economic security by comparative assessment of actual data with threshold values and desired development trends from the standpoint of the ability of the territory's economy to sustainable growth.

We apply a comparative assessment methodology (system-integration approach) based on qualimetry methods at this stage.

Financial (economic) security is presented in the form of a hierarchical structure ("tree of properties"), at the highest level of which is the integral indicator, and at the lowest level are the private indicators (coefficients).

The specific thresholds used in assessing the economic security of a country and regions are not suitable for the municipal level. In our case, we work taking into account the desired development trend from the standpoint of the ability of the territory's economy to sustainable growth.

Assessment method:

1. The integral coefficient of financial security stability  $K_{\text{fin\_security}}$  is determined by the weighted sum formula:

$$K_{\text{fin\_security}} = \sum_{j=1}^n K_j \cdot B_j$$

where  $K_j$  is the financial safety factor for the j-th group;

$B_j$  is weight of financial security for the j-th group;

n is the number of groups.

2. We determine the coefficient  $K_j$  for each j-th group

We use the harmonic mean formula to determine the indicator:

$$K_j = \sqrt[n]{\prod K_{ij}}$$

where  $K_{ij}$  is the private coefficient of financial security in the j-th direction in the i-th parameter;

n is the number of parameters;

3. Selection of values of weighting factors.

In our opinion, the group of indicators of the financial security of agricultural production should be given greater importance in determining the financial security of rural areas.

The following weighting factors were selected in agreement with the employees of the Balezinsky District Agriculture Department (Head of the Agriculture Department, Head of the Production and Technological Department, Head of the Rural Development Sector):

Group 1 = 0.2

Group 2 = 0.2

Group 3 = 0.2

Group 4 = 0.4

The sum of the weights is 1.

4. We calculate the partial coefficients taking into account the characteristics of improving (strengthening) financial security

4.1. The variant when the desired trend is an increase in the private parameter. For example, all indicators of group 1, the product profitability indicator (3.9) will be direct, that is, their increase means improved financial security and reduce risks. The coefficient is calculated by the ratio of the reporting period to the base period. We compare with the previous year on the principles of sustainability:

$$K_{ij} = \frac{\text{Indicator value } i_{2017}}{\text{Indicator value } i_{2016}}$$

4.2. The variant when the desired trend is a decrease in the value of a particular parameter. For example, the share of unprofitable organizations (3.5), costs per 1 ruble. revenues (3.8) will be reversed, that is, their increase means a decrease in financial security. The calculation formula is:

$$K_{ij} = \frac{\text{Indicator value } i_{2016}}{\text{Indicator value } i_{2017}}$$

The calculated values of the coefficients are listed in Table 2.

Stage three. Identification of directions of economic threats by the levels of the system of indicators, including particular criteria.

It was revealed on the basis of the obtained data of the financial security coefficient that the level of security stability in 2018 is significantly lower than the level of 2017 and it decreased from 1.142 to 0.942.

This means that there is an increase in risks and threats, which manifested themselves to a greater extent in group 3, then in group 4, group 2. The situation is positive in the first group, but the district administration should pay attention to improving the quality of budget planning and the degree of transparency of the budget process.

**Table 2 - Calculation of private, group and integral coefficients of financial security of rural areas using the example of Balezinsky district**

Name	2017	2018
<b>Group I “Indicators of the quality of municipal finance management”</b>		
1.1. Quality of budget planning	1,026	0,800
1.2. Quality of budget execution	1,298	0,866
1.3. Debt management quality	1,092	0,999
1.4. The quality of municipal property management and the provision of municipal services	1,163	1,007
1.5. Transparency of the budget process	1,296	0,812
1.6. Implementation of the decrees of the President of the Russian Federation of 05/07/12	0,779	1,392
1.7. Organization of financial control and audit	0,935	1,389
Group coefficient K1	1,069	1,013
<b>Group 2 “Indicators of economic development of the municipality (financial results and objects of taxation)”</b>		
2.1. The ratio of the revenue and expenditure parts of the municipal budget	1,010	1,031
2.2. The share of tax and non-tax revenues of the local budget in the total volume of own revenues of the budget of the municipal formation	0,894	1,221
2.3. Share of fixed assets of organizations of municipal ownership that are in the stage of bankruptcy	1,000	1,000
2.4. The volume of investments in fixed assets per capita	1,731	0,619
2.5. The share of the area of land plots that are objects of land taxation in the total area of the district	0,997	1,015
2.6. Average monthly nominal accrued wages	1,097	1,132
Group coefficient K2	1,093	0,982

<b>Group 3 “Financial indicators of entrepreneurial activity of large, medium-sized organizations and small enterprises”</b>		
3.1. Amount of funds allocated to support SMEs	14,635	1,425
3.2. Property value of organizations	1,037	0,889
3.3. Capital and reserves of organizations	1,098	1,102
3.4. Balanced financial result of organizations' activities	1,063	0,532
3.5. Share of unprofitable organizations	1,748	0,310
3.6. The amount of losses received by organizations	0,440	1,218
3.7. The excess of accounts payable over accounts receivable	1,621	0,570
3.8. Costs per 1 ruble of sales revenue	1,032	0,939
3.9. Profitability of sold goods, products, works, services of organizations	2,000	0,088
3.10. Profitability of all assets of organizations	1,032	0,594
3.11. Organizational autonomy ratio	1,058	1,240
3.12. Ownership ratio	4,000	2,863
working capital of organizations	1,240	1,225
3.13. Current liquidity ratio of organizations	1,528	0,771
<b>Group 4 “Financial indicators of the efficiency of agricultural production”</b>		
4.1. Milk production efficiency	0,973	0,934
4.2. Production efficiency of cattle gain	1,017	0,949
4.3. Grain production efficiency	1,022	0,963
4.4. Potato production efficiency	0,998	1,020
4.5. Efficiency of production and sales of products in general	0,998	0,954
4.6. Share of profitable agricultural organizations	0,933	0,929
4.7. Profit before tax per employee, thousand rubles	1,635	0,270
4.8. Taxes paid per hectare of agricultural land, thousand rubles	0,899	1,042
4.9. Agricultural products sold for 1 ruble of state support, rubles	1,198	0,960
4.10. Profit volume for 1 ruble of state support, rubles	1,789	0,250
Group coefficient K4	1,010	0,973
Integral indicator of financial security of Balezinsky district $K_{fin\_security} = K1 \cdot 0,2 + K2 \cdot 0,2 + K3 \cdot 0,2 + K4 \cdot 0,4$	1,142	0,942

\*Authoring

Table 3 - Systematization of parameters by types of threats to financial security

The level of economic security by the degree of threats	Parameter (value of the private coefficient of financial security)
$\geq 1,0$ sustainable security	83% of the parameters of group 1 "Indicators of the quality of municipal finance management" 57% of the parameters of group 2 "Indicators of the economic development of the municipality" For other groups, insignificant 1-3 parameters have a safe state
0,96-0,99 initial stage of threats	4.9. Agricultural products sold per 1 ruble of state support (0.960) 4.3. The ratio of revenue to the total cost of production and sale of grain (0.964)
0,91-0,95 developing stage of threats	4.6. Share of profitable agricultural organizations in their total number (0.929) 4.1. Ratio of revenue to total cost of milk production and sales (0.934) 3.8. Costs per ruble of revenue of large and medium-sized enterprises (0.939) 4.2. The ratio of revenue to the total cost of production and sales of the increase in workover (0.949) 4.5. The ratio of proceeds to the total cost of production of all agricultural products (0.954)
0,81 -0,90 critical stage	1.5. Indicators characterizing the degree of transparency of the budget process (0.812) 1.2. Indicators characterizing the quality of budget execution (0.866) 3.2. Property value of large and medium-sized organizations (0.889)
0,71 – 0,80 unstable stage	1.1. Indicators characterizing the quality of budget planning (0.800)
0,61-0,70 threatening stage	2.4. Investment in fixed assets (excluding budget funds) per capita (0.619)
$\leq 0,60$ emergency stage	3.9. Profitability of sold goods, products, works, services of organizations (0.088) 4.10. The amount of profit per 1 ruble of state support in agriculture (0.250) 4.7. Profit before tax per 1 worker in agriculture (0.270) 3.5. Share of unprofitable organizations (0.310) 3.4. Balanced financial result (0.532) 3.7. The excess of accounts payable over accounts receivable (0.570) 3.10. Return on all assets of organizations (0.594)

\*Authoring

It can be argued that the greatest problems (risks and threats) are manifested in the production spheres of the economy of the Balezinsky district:

- 7 out of 13 (54%) parameters for group 3 "Financial indicators of entrepreneurial activity of large, medium-sized organizations and small enterprises" characterize different levels of the crisis state of financial security. The group coefficient was 0.771. In general, it is an unstable stage, when the business is in a zone of strong threats and urgent measures are required that the business community, together with municipal authorities, can solve on their own;

- only 2 indicators out of 10 in group 4 "Financial indicators of agricultural production efficiency" characterize the stability of economic security, but the rest of the parameters generally indicate a pre-crisis state, when violations and restrictions can still be removed with skillful operational management of business processes in agricultural production. The group coefficient was 0.973.

Fourth stage. Justification of recommendations to improve economic security.

Considering that in 2018 the final financial safety factor was 0.942, it is impossible to achieve the ideal level (more than 1) in a short time in modern realities.

On the basis of private coefficients of financial security, one can select especially significant problems in each group and formulate directions for strengthening financial security. The economy of Balezinsky district can become quite financially stable with detailed elaboration of measures for each problem area.

## Conclusions

The analysis of the economic development of rural areas is carried out on the example of the Balezinsky district of the Udmurt Republic. The analysis showed that the socio-economic situation of the district is experiencing certain risks and threats to economic security: an unfavorable demographic situation, an increase in unemployment, a decrease in production volumes, etc.

The proposed systematization of economic development indicators, and the calculation of integral and private indicators of the financial security of the territory using the principles of qualimetry (the science of measuring quality) will help determine financial indicators in

assessing the economic security of not only one district of the Udmurt Republic, but also other rural areas of the country.

## References

Alborov R.A., Kontsevoy G.R. (2016). Strategic performance assessment. Strategic development of socio-economic systems in the region, pp. 17-21. An innovative approach Materials of the II international scientific and practical conference. General edition: Skuba R.V., Barinov M.A.; Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs.

Alekseeva N.A. (2020). Regional dimensions of macroeconomic indicators. Development of accounting, analysis and audit in the context of the digitalization of the economy, pp. 129-133. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference.

Botkin O.I., Nekrasov V.I., Gogolev I.M., Botkin I.O. (2020). Dynamics of development of interbudgetary relations in the region. Regional economy problems (Izhevsk). 1-2: 102-120.

Endovitsky D.A., Durakova I.B. (2018). Statistical analysis as the basis for the practice of modernizing personnel management: international experience. International Journal of Engineering and Technology (UAE). 7(4): 145-151.

Endovitsky D.A., Lyubushin N.P., Babicheva N.E., Zotova E.S. (2019). Assessment of the balance of economic entities' activity at different life cycle stages. Montenegrin Journal of Economics. 15(2):71-79.

Frantsisko O.Yu., Ternavshchenko K.O., Molchan A.S., Ostaev G.Ya., Ovcharenko N.A., Balashova I.V. (2020). Formation of an integrated system for monitoring the food security of the region. Amazonia Investiga, 9(25):59-70.

Gogolev I.M., Abramova K.Yu., Lebedev N.S. (2020). Production and economic assessment of regional land use. Land use efficiency management, pp. 73-79. Materials of the II National Scientific and Practical Conference.

Kondratyev D.V., Osipov A.K., Gainutdinova E.A. (2019). Optimal management of investments in the development and intensification of the use of land resources in agriculture. Basic research. 4: 43-47.

Kondratiev D.V., Ostaev G.Ya., Osipov A.K., Bogomolova T.P., Nekrasova E.V., Abasheva O.V. (2020). Organizational and management mechanism for reforming agricultural organizations based on cooperation and integration of economic systems. Amazonia Investiga. 9(25): 376-388.

Kontsevaya S.R. (2017). Analysis and control of government subsidies for investments in agriculture of the Russian federation Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus. 16(3):25-33.

Kontsevaya S.R., Chachotkin S., Kostina R.V., Khoruziy L. (2019). Ranking score of financial condition and fear of bankruptcy to evaluate operation's continuity of dairy milk processing companies: evidence from the republic of Belarus, pp. 422-430. Hradec Economic Days Double-blind peer-reviewed proceedings part I. of the international scientific conference Hradec Economic Days.

Krivorotov V.V., Kalina A.V., Eriashvili N.D. (2015). Economic security of the state and regions. Moscow: UNITI-DANA. Available from: <http://www.iprbookshop.ru/52598.html>.

Markovina E.V., Mukhina I.A., Bessogonova N.V. (2020). Integration principles of management of investment security of an agricultural organization. Scientific innovations in the development of agricultural sectors. Materials of the International Scientific and Practical Conference. 3:174-179.

Molchan A. S., Frantsisko O. Yu., Ternavshchenko K. O., Illaronova V. V., Prokhorova V.V. (2017). Organizational Structure of Agro-Industrial Complex: Formation and Interaction of Subjects. International Journal of Applied Business and Economic Research. 15(23): 281-296.

Molchan A.S., Frantsisko O.Yu., Ternavshchenko K.O., Ostaev G.Ya., Tinyakova V.I., Markovina E.V. (2020). Optimization of interaction of agrarian entities as an imperative of ensuring food security of the state. Amazonia Investiga, 26: 242-253.

Mukhina I.A. (2018). Implementation of the provisions of qualimetry in assessing the quality of state and municipal administration. Management: theory and practice. S: 69-71.

Mukhin A., Konina E., Gorbushina N., Latysheva A. (2020). Modeling of production processes in rural areas: management and development effectiveness. Amazonia Investiga, 9(29):179-187.

Mukhin A.A., Mukhin I.A. (2018). Methods for assessing the sustainability of the financial security of the region. Modern problems of economic development and management in the region (in the context of digital transformation), pp. 414-419. Materials of the XI International Scientific and Practical Conference. Branch of the St. Petersburg Institute of Foreign Economic Relations, Economics and Law in Perm.

Mukhina I., Ostaev G., Sokolov V., Markovina E. (2020). Migration processes in rural areas as an indicator of economic security Amazonia Investiga. 9(28): 330-337.

Ostaev G., Khosiev B., Nekrasova E., Frantsisko O., Markovina E., Kubatieva L. (2019). Improving the methodology for assessing the efficiency of labor in organizations of the agro-industrial complex: strategic accounting and analysis. Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 06(05): 9114-9120.

Ostaev G.Ya., Klychova G.S., Nekrasova E.V. (2018). Making managerial decisions: mechanisms and financial instruments. Bulletin of Kazan State Agrarian University. 13. 4 (51): 146-152.

Sheremet A.D. (2009). Analysis and diagnostics of the financial and economic activity of the enterprise. Moscow: INFRA-M.

## Directions and prospects for expanding the export of russian wheat

Danil Alekseevich Zyukin \*  
Olga Nikolaevna Pronskaya \*\*  
Olga Viktorovna Svyatova \*\*\*  
Artem Alekseevich Golovin \*\*\*\*  
Olga Viktorovna Pshenichnikova \*\*\*\*\*  
Olga Vyacheslavovna Petrushina \*\*\*\*\*

### ABSTRACT

The grain economy of Russia has now reached a new high level of development, providing ample opportunities for the expansion of Russian grain to the world market. The research reveals the following main threats to further strengthening the position of Russian wheat in the world market: instability of yields and inappropriate production and logistics infrastructure, which determines overestimated transaction costs and low flexibility of supply. The article analyzes the structure of importers of Russian wheat to characterize the instability of the world wheat market and high competition on it. The aim of the research is to form key directions for ensuring the sustainability and efficiency of wheat exports. The development of the grain product subcomplex of the Russian agro-industrial complex is presented by the authors from the position of priority in ensuring the food security of the population by fully meeting the needs of the domestic market, while exports are assigned the role of an instrument for regulating the grain market. Increasing wheat exports is not a priority for the development of grain farming; however, under the current conditions, this is the main incentive for increasing grain production and a way of obtaining foreign exchange income for agrarians. In this regard, it seems necessary to increase the regulatory role of the state in managing the country's grain balance and intensify investment processes in the industry through improving the country's fiscal and monetary policy in relation to the agricultural sector.

KEY WORDS: grain farming, wheat, export, government regulation, production and logistics infrastructure, efficiency

\*Candidate of sciences of Economic, Senior researcher Kursk state agricultural academy named after I.I. Ivanov

\*\*Doctor of sciences of Economic, Professor, head of the department of management, marketing and personnel management Kursk State University

\*\*\*Doctor of sciences of Economic, Professor of the department of Economics and accounting Kursk State University

\*\*\*\*Candidate of sciences of Economic, Associate professor of the department of customs and world economy Southwestern State University

\*\*\*\*\*Candidate of sciences of Economic, Associate professor of the department of Economics and accounting Kursk State University

\*\*\*\*\*Head of international Department Kursk state agricultural Academy named after I.I. Ivanov

Recibido: 30/10/2020

Aceptado: 03/12/2020

## Directrices y perspectivas para expandir la exportación de trigo ruso

### RESUMEN

La economía de cereales de Rusia ha alcanzado ahora un nuevo alto nivel de desarrollo, proporcionando amplias oportunidades para la expansión del grano ruso en el mercado mundial. La investigación revela las siguientes amenazas principales para fortalecer aún más la posición del trigo ruso en el mercado mundial: inestabilidad de los rendimientos e infraestructura de producción y logística inadecuada, lo que determina costos de transacción sobreestimados y baja flexibilidad de suministro. El artículo analiza la estructura de los importadores de trigo ruso para caracterizar la inestabilidad del mercado mundial de trigo y la alta competencia en él. El objetivo de la investigación es aportar orientaciones para asegurar la sostenibilidad y eficiencia de las exportaciones de trigo. El desarrollo del subcomplejo de productos de cereales del complejo agroindustrial ruso es presentado por los autores desde la posición de prioridad para garantizar la seguridad alimentaria de la población al satisfacer plenamente las necesidades del mercado interno, mientras que a las exportaciones se les asigna el papel de un instrumento de regulación del mercado de cereales. El aumento de las exportaciones de trigo no es una prioridad para el desarrollo del cultivo de cereales; sin embargo, en las condiciones actuales, este es el principal incentivo para incrementar la producción de granos y una forma de obtener ingresos en divisas para los agrarios. En este sentido, parece necesario incrementar el rol regulador del Estado en la gestión del balance de granos del país e intensificar los procesos de inversión en la industria mediante la mejora de la política fiscal y monetaria del país en relación con el sector agrícola.

**PALABRAS CLAVE:** cultivo de granos, trigo, exportación, regulación gubernamental, infraestructura de producción y logística, eficiencia

### Introduction

The Russian economy did not fully recover from the 2008 global economic crisis. Therefore, the sanctions imposed by a number of leading economies, against the background of political and economic contradictions in 2014, had a negative impact on the Russian economy. An additional blow to the current and long-term economic prospects of Russia was inflicted by the unstable price environment in the energy market, the industries of which are the main sources of budget revenues and at the same time the most competitive in the country's economy. It is very important to support areas that have a high export potential in this situation.

In the recent past, Russia was a large net importer of the world agri-food market. The development of domestic agriculture made it possible to partially solve the problems in a

number of groups of food products, creating export potential in some areas. Nevertheless, the threat to food and agricultural security for the Russian population and agricultural producers remains very real (Zavriev and Ignatov, 2020). Conditions have been created for the production of products in a number of areas of agricultural production, which significantly exceed domestic needs. In recent years, a significant surplus has formed between the production and consumption of wheat, which predetermines the stimulation of exports as a condition for the reorganization of the domestic agri-food market (Svetlov, 2016). This problem is becoming more and more urgent for the sugar beet subcomplex of the agro-industrial complex, which has already reached the limit of the domestic market, but there are still few opportunities to enter other markets, which hinders its further development (Zyukin et al., 2016).

The state of Russian agriculture until relatively recently for the country caused an outflow of financial resources, and today it allows the formation of foreign exchange earnings at a level comparable to the income from the sale of weapons. Belova T.N. notes that rural commodity producers have received several preferences for production growth since August 2014: an embargo on food imports, government support and a weakening of the national currency (Belova, 2019). It was planned to reach the volume of exports of agricultural products in the amount of 25 billion dollars in 2020, but the figure was 26.5 billion dollars by December. The most important role in the development of all agriculture in Russia and increasing its export potential is played by grain farming, which is a multiplicative industry that determines the competitiveness of products in related industries.

The expansion of Russia's opportunities for exporting grain is based on its underconsumption in the domestic market for feed purposes in animal husbandry due to a decrease in the number of livestock in comparison with the Soviet period (Altukhov, 2017). This predetermined the current structure of production, where export-oriented wheat occupies the main place. This is especially true for the southwestern regions of the country, which have the highest agro-climatic potential and are located close to sea transport routes, which predetermines the formation of their production and economic policy in favor of exports (Krylatykh and Belova, 2018). It also determines their price competitiveness in export: the return on the invested resources under the best natural and climatic conditions

is higher, and logistics to port transshipment are significantly cheaper than in the regions of the central part of Russia (Generalov, 2018).

## 1. Methodology

It is proposed to develop export prospects for Russian wheat based on the principle of priority of the needs of the domestic agri-food market in Russia. Wheat is an export-oriented agricultural crop, therefore, a further bias towards its production, especially of a low class, can lead to a shortage of other crops that are used to provide a fodder base for livestock. The concentration on wheat of 4 and 5 classes in export-oriented regions of Russia also determines the shortage of durum wheat used for the production of high-class flour, since there are no necessary natural and climatic conditions for cultivation in other regions of Russia.

A set of regulatory state measures is proposed as the main direction for managing the balance of grain in the country. The key element in the development of the grain-product sub-complex of the agro-industrial complex is the improvement of the production and logistics infrastructure, which ensures a decrease in transport costs and an increase in the flexibility and speed of grain deliveries both in the country and on the world market.

The improvement of Russia's competitive position in the world market for grain crops and wheat separately is assessed through an increase in the physical volume of exports and foreign exchange income. The study analyzes the structure of the main importers of Russian wheat to prove the instability of the market situation and the need for constant development of foreign trade partnerships and increasing the competitiveness of wheat, primarily in terms of price by reducing transaction costs.

## 2. Theoretical basis

Grain farming is a backbone element of the agro-industrial complex of Russia, influencing the formation of a competitive fodder base for animal husbandry and being the main element of the crop rotation system. To date, significant progress has been made in grain production in ensuring food security of the country's population and a significant export potential has been formed. This predetermined the growing role of agriculture in the structure of Russian exports. If the share of agricultural raw materials and foodstuffs in the

total value of Russian exports accounted for 1.8% in 2000, the figure was at the level of 3.2-3.4% in 2009-2013 and reached 6% by 2016, which is maintained in subsequent years. The increase in the indicator is due to the increase in the export potential of grain and oilseed processing products with a decrease in energy prices. In the future, the role of agriculture and the grain industry as the main export direction will continue to grow, while the instability in the oil and gas market remains.

The share of wheat in the physical volume of exports of cereals and legumes reaches 80% in different years. Only barley and corn can be distinguished as relatively significant crops in the structure of grain exports, which account for 9.6% and 7.7% as of 2019. In addition to these crops, Russia exports 10 more types of grain and leguminous crops, but their export is fragmented. This determines the role of wheat as the “queen of the fields” in the structure of crop production in most of the agrarian regions of Russia.

Due to a significant surplus in the domestic market, exports have become an effective instrument of reorganization, allowing Russian farmers to receive significant foreign exchange income. There are significant disadvantages of the formation of the task of increasing the export of grain as a priority, which forms the structure of domestic export-oriented production. This structure can lead to a technological gap between the development of grain farming and animal husbandry in the context of the need to ensure food security of the population and to carry out import substitution of food products. The consequence of this may be disruptions in the interaction between natural-biological, technical-technological and socio-economic factors that determine the stability of the Russian agri-food market. Therefore, it is important to approach further increasing the export potential of grain farming, taking into account the strategic interests of the development of agriculture in Russia and the food security of its citizens.

The fundamental measure to increase the efficiency of exports should be the development of production and logistics infrastructure, which would ensure the safety of the harvested crop to its buyers in the Russian and world markets. Increasing price competitiveness by lowering transaction costs will further expand the expansion of Russian grain to remote markets in Atlantic Africa and Southeast Asia. In the context of the structural crisis in the Russian economy and the limited access of Russian companies to the financial

markets of developed countries, the state's position in the field of investment regulation of projects in this area is key.

### 3. Results

Grain is the main export product of Russian agriculture. After abnormal weather conditions in 2010 and the announcement of an embargo on grain exports by 2020, Russia has managed to become one of the main players in the global grain market. A qualitative transition took place in 2014-2016, when export volumes increased from 20 million tons to 30-35 million tons of grain. The climax of success was 56.2 million tons of grain exported abroad in 2018. The conditions for grain production in 2019 were not so good, however, the level remained above 40 million tons (Figure 1).

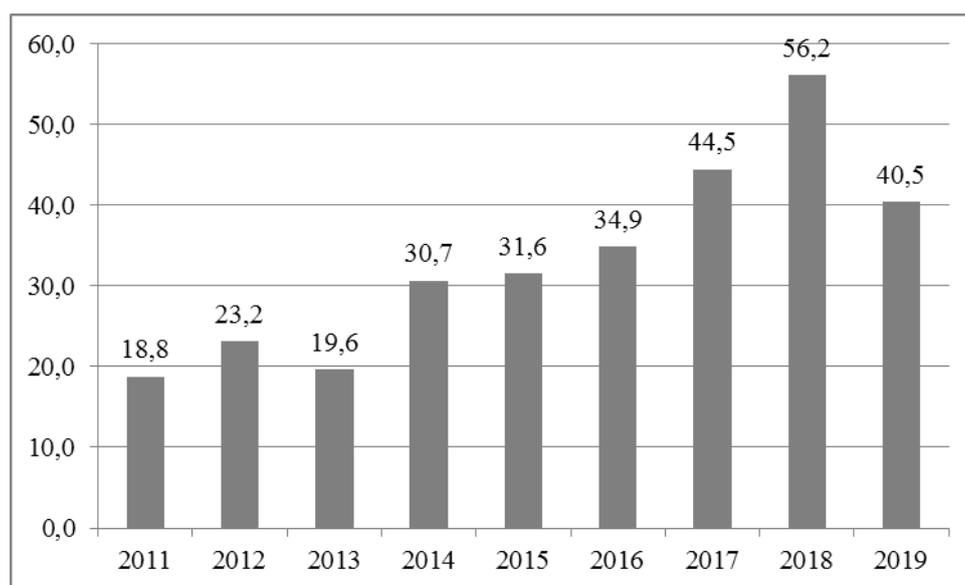


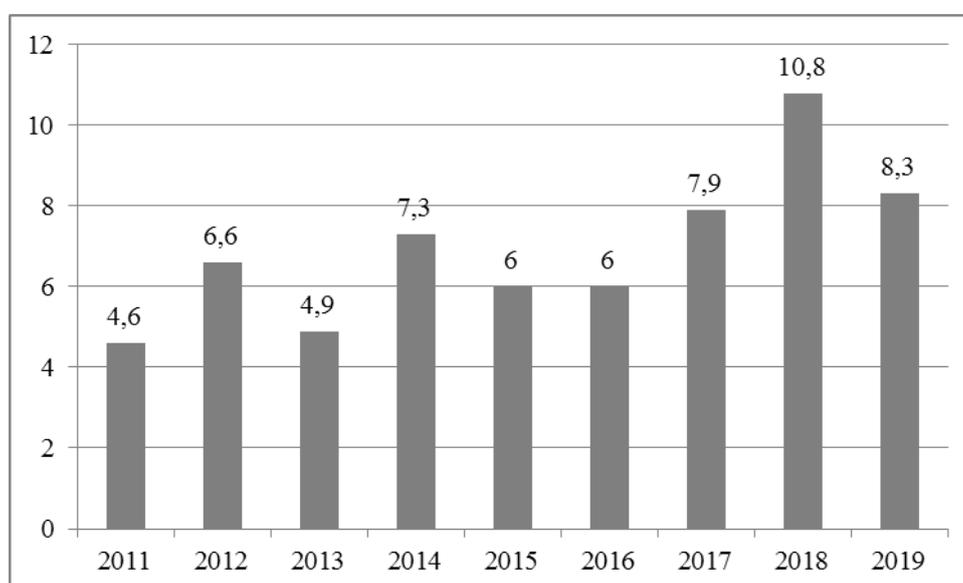
Figure 1. The value of Russian grain exports in 2011-2019, million tons.

Compiled by the authors based on the source [agribusiness.expert](http://agribusiness.expert) and [analytical.center.ru](http://analytical.center.ru)  
(Statistics of agricultural raw materials and food markets, n/d)

At the beginning of 2020, the Ministry of Agriculture considered the option of introducing restrictive quotas on grain exports in the second half of the year, depending on the harvest, at the level of 25 million tons. However, the harvested crop was higher than the planned indicators, surpassing all the results of previous years. As of December 1, more than 138 million tons of grain have been threshed, which is a new record. This made it possible to continue the active expansion of Russian grain to the world market. From July 1 to October

31, Russia exported more than 18 million tons of grain (which is 7.1% higher than last year's figure), including 15.7 million tons of wheat.

The importance of success in increasing grain exports for agrarians is determined by the receipt of foreign exchange earnings, the amount of which almost doubled, if we consider the average value in 2018 - 2019 relative to the level of 2011 (Figure 2). Revenues in 2020 have already surpassed the prior period and are expected to reach the landmark 10 billion dollars by the end of the year.



**Figure 2. Revenues from the export of Russian grain in 2011-2019, billions dollars.**  
Compiled by the authors based on the source agribusiness expert and analytical center.ru  
(Statistics of agricultural raw materials and food markets, n/d)

Due to the export of wheat, the main foreign exchange inflow for agribusiness is formed, allowing to strengthen the level of international competitiveness of domestic agricultural production, forming close international cooperation with countries of different geographic zones. For example, according to the 2019/2020 agricultural year, the main buyers of barley and corn are the countries of the Middle East - Saudi Arabia, Iran, Turkey, Jordan. These countries export 1,779 thousand tons of barley, i.e. 77.6% of total exports; Turkey and Iran import 759 thousand tons of corn, or 59% of its total exports. Wheat has a significantly larger geography, primarily due to the volume of Russian exports. In addition to the traditional partners for the purchase of Russian grain from Turkey and Egypt, wheat is bought by the countries of both the Atlantic coast of Africa and Southeast Asia.

The most important factor in promoting Russian wheat on the world market is the wide geography of imports of this agricultural crop, due to the peculiarities of the conditions of its production, which are absent in many countries of the world, while the demand for it is ubiquitous. In the context of analyzing the structure of world wheat imports, we will rely on the data of 2017, as the most successful for Russia in view of the record harvest of 2020.

The main buyers of wheat are the countries of Asia and Africa. Due to the socio-ethnic change in the composition of the population of Europe, the value of imports of its countries is also growing. Countries in the Americas such as Oceania are not major importers, mostly meeting their own needs. In addition, Russian interest here is minimal, due to the geographical remoteness and the presence of large players in grain export - Canada, USA, Australia (Zyukin et al., 2020a). Proceeding from this, the Asian market, as the largest in terms of wheat imports and the fastest growing due to the countries of Southeast Asia, is the most attractive for Russia, for which a traditional pool of importers in the Middle East has already formed. Also promising for Russian wheat should be considered the African market, which is logistically not so convenient for other major world grain exporters, despite the reduction in purchases by North African countries.

According to the results of the last agricultural season, Russia took a confident first place in wheat export; every fifth exported ton of wheat in the world falls on the share of domestic farmers, which brought in revenues of 8.4 billion dollars. The main competitors are North American grain producers in the United States and Canada, but they are focused more on other markets. The EU countries (mainly France) and Ukraine impose more competition due to geography. The rest of the exporters account for less than 30% of the wheat market (Figure 3).

In this regard, it is fundamentally important for Russia to maintain its competitiveness in the markets of its stable partners, which remain the countries of the Middle East and Egypt. The geography of Russian wheat supplies is growing: if 761 million dollars was accounted for by insignificant importers in 2017, it is 83% in 2019. Relative to the record level of 2018, most importers have reduced their niche, with the exception of 2 partners from the TOP-3: Turkey and Bangladesh, as well as the UAE. At the same time, the import of Russian wheat presented in Table 1 in 2019 decreased slightly - by 48 million dollars. Among the major partners in the top 10 in imports, significantly reduced supplies to

most countries: Saudi Arabia stopped importing wheat from Russia; Egypt, Vietnam and Lebanon reduced imports by more than 160 million dollars; Sudan, Yemen and Nigeria reduced by 60 million dollars to 80 million dollars (Table 1).

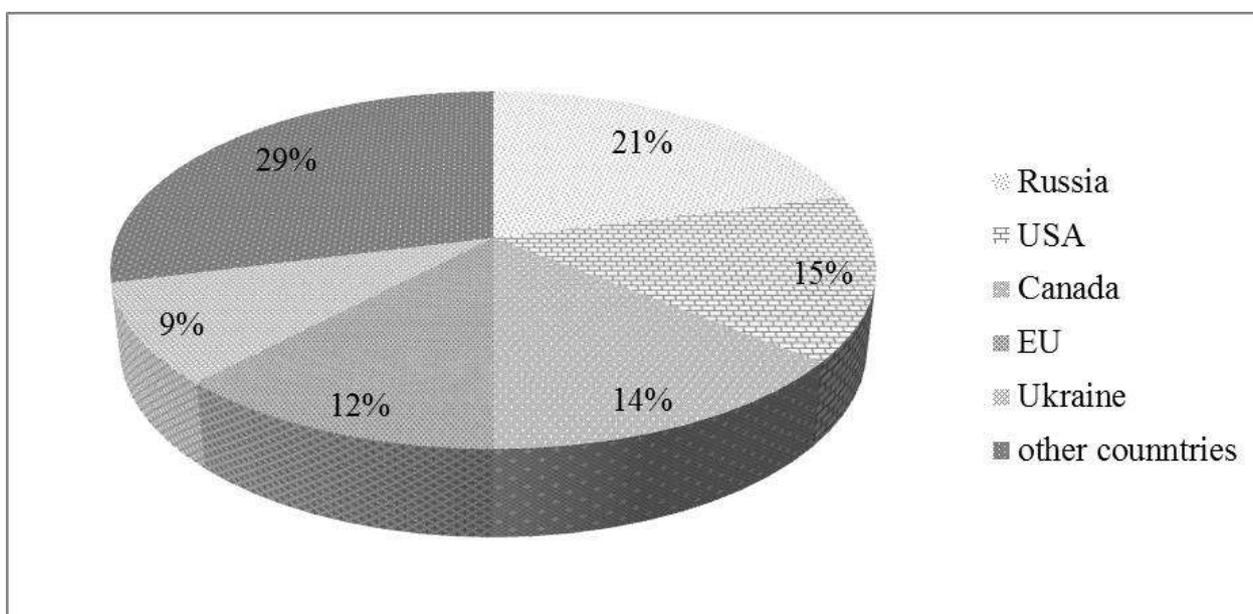


Figure 3. The share of exporting countries in the world wheat market in the season 2018-2019

Compiled by the authors based on the source agribusiness expert and analytical center.ru (Statistics of agricultural raw materials and food markets, n/d)

It turns out that only Turkey and Bangladesh among the main importers of wheat have increased the volume of cooperation. This proves the instability of the situation in the global wheat market and highlights the great competition in this market. Russia needs to look for new partners on the world map, which incurs corresponding additional marketing and logistics costs. It is important to improve conditions to maintain not only export opportunities through high yields of wheat, but also to ensure the implementation of projects that reduce transport and logistics costs. Given the role in the mechanism of functioning of the Russian agro-industrial complex and significant export prospects at the level of over 10 billion dollars, the state can and should play a more active role in creating favorable conditions for exporters while maintaining the interests of the domestic market (Zyukin, 2020).

Table 1. Dynamics of export volumes of wheat from Russia by country and their position in Russian export

Countries	2017		2018		2019	
	amount, million dollars	place	amount, million dollars	place	amount, million dollars	place
Turkey	550	2	926	2	1374	1
Egypt	1434	1	1893	1	1273	2
Bangladesh	321	3	368	7	525	3
Azerbaijan	230	10	120	16	257	4
Sudan	264	6	417	4	204	5
Yemen	267	5	265	8	189	6
Nigeria	256	8	404	6	181	7
UAE	174	12	139	14	150	8
Latvia	83	17	221	11	108	9
Vietnam	273	4	477	3	107	10
Tanzania	123	13	152	13	104	11
Kenya	116	14	160	12	101	12
Morocco	47	18	104	17	99	13
Georgia	88	16	86	18	86	14
Lebanon	242	9	258	10	83	15
Israel	105	15	139	15	74	16
Indonesia	201	11	259	9	72	17
Saudi Arabia	261	7	404	5	0	18
The rest of the world	761	x	1644	x	1393	x
Total	5796	x	8436	x	6380	x

\* Compiled by the authors based on the source Ru-stat.com (Export and import of Russia by goods and countries, n/d)

Refusal of an active regulatory role can lead, with different options for grain yields, to unfavorable current and strategic prospects for the development of grain farming. Exports should remain an effective instrument of reorganization, creating conditions for increasing production within the country while fully meeting the needs for high-quality wheat and other types of cereals. The key point is the inaccessibility of “long-term investment money”, which predetermines the small number of infrastructure and logistics projects implemented by businesses. Easing monetary policy or creating favorable conditions for business to attract credit resources is extremely necessary in the current situation in the country's economy. The second mechanism for supporting such projects is the formation of a mechanism of

preferences for investments in projects for the development of production and logistics infrastructure. Direct participation of the state is advisable in the form of development of the existing road transport network. The existing mechanism of subsidizing the interest rate on loans, in our opinion, is not effective and bears a compensatory nature, eventually flowing in favor of the financial sector.

#### 4. Discussions

Despite the significant success in increasing the volume of grain supplies to the world market, the industry still has a number of difficulties and problems that stand out especially in times of crisis. In the context of increasing export potential, the state of the logistics infrastructure remains a key problem that still requires an acute solution (Zyukin, 2018). For Russia and Ukraine, there is a common problem of not the most successful geographical location of the main zone for shipping grain for export during sea transportation through the ports of the Azov-Black Sea basin. This narrows the list of major grain importers to certain regions, for example, the countries of Mediterranean Africa and the Middle East, and it is necessary to form new logistics routes for other geographic zones (Nekrasenko et al., 2019; Zyukin and Soloshenko, 2019).

The experience of the main exporters in the world grain market shows the importance of having an effective logistics network in the country as an integral element of ensuring the competitiveness of products (Fuller et al., 2003). Svanidze M. and Götz L. note in the context of a decrease in world prices for grain, the importance of trade costs becomes decisive (Svanidze and Götz, 2019). Another drawback is the low level of involvement of domestic agribusiness in the digital economy. Research by Andreeva E.L., Glukhikh P.L., Krasnykh S.S. shows the relationship between the volume of exports of technological products and the expected parameters of influence, including the integrated index of digitalization (Andreeva et al., 2020).

The demand for grain will persist even amid a slowdown in many economic processes due to the global pandemic, as it is one of the most important products. The main market for Russian wheat is precisely the countries of Africa and Southeast Asia, where a trend of population growth is observed with an increasing demand for cheap food (Zyukin et al.,

2020b). At the same time, Russian wheat has a relatively high protein content, forming a predominant market niche for a number of importers (Panteleeva and Panteleeva, 2018).

However, there are also threats in the current trend. Given the structure of wheat produced in Russia with an extremely small share of high-quality varieties, such a situation can trap domestic production, which will be concentrated in other markets, creating a shortage of high-quality wheat in the domestic market (Altukhov, 2020). It is important to develop exports, but not to the detriment of food supply for the country's citizens, therefore, it is necessary to maintain a balance between the interests of the domestic market and obtaining foreign exchange earnings, predetermining the increase in the state's importance in managing the country's grain balance (Tyupakov et al., 2019).

The role of the state in the development of exports varies considerably. G.V. Kuznetsova, L.I. Tsedilin see opportunities for export development through increasing the role of export promotion agencies, which provide support to exporters through information support and training, provide marketing services, including organizing exhibitions and business missions, conducting market research for exporters (Kuznetsova and Tsedilin, 2018). In modern realities, Russia may well use political instruments promoting domestic products and vice versa - through the export of strategically important products to improve partnerships in the field of politics. At this stage, the weak ruble is a contributing factor, which is beneficial for exporters.

## Conclusions

Wheat is the main product in the export of grain, which accounts for up to 80% of all foreign exchange earnings. This predetermines the interest on the part of business in increasing its yields, the bulk of which is exported. On the one hand, this is an opportunity to ensure an increase in the volume of grain production in physical weight and to receive additional income, but at the same time there is another side - the export-oriented structure of crops. The grain-product subcomplex is a backbone element of the agro-industrial complex, and therefore it is very important to manage the structure of grain production, which should take into account the needs of the domestic market. Export, first of all, is a reorganization tool that allows you to effectively regulate the situation in the domestic

market, so its increase should not become a strategic goal for the development of the subcomplex.

Russia has become a leader in wheat production and has enough resources to remain the main player, however, the peculiarity of the world grain market is its instability, therefore, the grain industry in Russia must have a number of characteristics. An urgent problem is the unstable nature of the harvest, which makes it difficult to maintain its position in some markets, and even expand the geography of supplies. It is not economically feasible to actively promote products to a new market if there is a serious risk next year that there will not be enough products to supply.

Also, a global economic task for Russia is to improve the production and logistics infrastructure of the grain-product sub-complex of the agro-industrial complex, which also contributes to increasing the competitiveness of Russian grain in the world market and expanding the possibility of its movement along the country's transport routes. Now the main point of shipment of Russian wheat is the ports of the Azov-Black Sea basin. New opportunities are opening up for supplies to the markets of Southeast Asia, as well as tense relations with Turkey, first in the context of the Syrian issue, now the conflict between Armenia and Azerbaijan. Therefore, in order to enter the markets of the countries of Atlantic Africa and Pacific Asia, it is important to diversify the development of port infrastructure in the Baltic Sea and the Far East.

Both strategic tasks for a sustainable increase in grain production and the development of production and logistics infrastructure cannot be comprehensively and quickly solved by private capital in the current difficult economic, social and political conditions without the influence of the state. Cloud technologies are underdeveloped in Russia, and there is still a low level of digitalization and the use of information systems in production management and export logistics. The key problem is the inaccessibility and high cost of long-term money with the already existing high debt load of agribusiness, as well as the absence of an adequate mechanism of tax preferences. In the context of the structural crisis and the fight against the coronavirus pandemic, an increase in direct subsidies for projects in the agricultural sector is not expected. However, the state has instruments of fiscal and monetary policy, the effective application of which can be traced to the example of Russia's main competitors in the world grain market.

## References

- Altukhov, A. I. (2017). Development of grain production in the country: myths and reality. *Economy of agriculture of Russia*, 3, 31-39.
- Altukhov, A. I. (2020). Russian grain export: pros and cons of development. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 5, 166-174.
- Andreeva, E. L., Glukhikh, P. L. and Krasnykh, S. S. (2020). Assessment of the impact of digitalization processes on the development of technological export of Russian regions. *Economy of the region*, 16 (2), 612-624.
- Belova, T. N. (2019). Processes of import substitution in the agri-food sector. *Economy of the region*, 15 (1), 285-297.
- Export and import of Russia by goods and countries (n/d). Available at: <https://ru-stat.com/date-M201812-201906/ru/export/world/0210>.
- Fuller, S., Yu, T.-H., Fellin, L., Lalor, A. and Krajewski, R. (2003). Effects of improving transportation infrastructure on competitiveness in world grain markets. *Journal of international food and agribusiness marketing*, 13 (4), 61-85.
- Generalov, I. G. (2018). Factors of economic efficiency of grain production in the region under different agro-climatic conditions. *Azimuth of scientific research: economics and management*, 7, 2 (23), 114-116.
- Krylatykh, E. N. and Belova, T. N. (2018). Export of Russian grain in the context of the formation of regional economic policy. *Economy of the region*, 14 (3), 778-790.
- Kuznetsova, G. V. and Tsedilin, L. I. (2018). Stimulation of non-resource exports: international experience and Russian practice. *World Economy and International Relations*, 62 (5), 72-79.
- Nekrasenko, L., Pittman, R., Doroshenko, O., Chumak, V. and Doroshenko, A. (2019). Grain logistics in Ukraine: the main challenges and effective ways to reach sustainability. *Economic Journal-XXI*, 178 (7-8), 70-83.
- Panteleeva, M. A. and Panteleeva, O. B. (2018). Analysis of development trends of the grain market in the context of modernization of the national economy of Russia. *Economy of sustainable development*, 2 (34), 233-238.
- Statistics of agricultural raw materials and food markets. Official website of the agribusiness expert and analytical center (n/d). Available at: <https://ab-centre.ru/statonline/1>.
- Svanidze, M. and Götz, L. (2019). Spatial market efficiency of grain markets in Russia: implications of high trade costs for export potential. *Global Food Security*, 21, 60-68.

Svetlov, N. M. (2016). How to withstand uncertainty in Russian wheat market. News of the Timiryazev Agricultural Academy, 6, 108-129.

Tyupakov, K. E., Reznichenko, D. S., Klochko, E. N., Verty, M. V. and Cherner, N. V. (2019). Development of the grain market export potential. International Journal of Recent Technology and Engineering, 8 (3), 7146-7152.

Zavriev, S. K. and Ignatov, A. N. (2020). Potential Threats to Agricultural and Food Security. World Economy and International Relations, 64 (7), 100-107.

Zyukin, D. A. (2018). The state of the grain products subcomplex of the agro-industrial complex of Russia in the context of the expansion of economic space and food embargo. Azimuth of scientific research: economics and management, 7, 3 (24), 100-103.

Zyukin, D. A. and Soloshenko, R. V. (2019). Improving transport and logistics infrastructure as a basis for increasing the efficiency and diversification of Russian grain exports. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 7, 141-147.

Zyukin, D. A. (2020). Model of economic and state regulation of the development of the grain market infrastructure. International agricultural journal, 1, 47-50.

Zyukin, D., Pronskaya, O., Golovin, A. and Belova, T. (2020a). Prospects for increasing exports of Russian wheat to the world market. Amazonia Investiga, 9 (28), 346-355. DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2020.28.04.39>

Zyukin, D., Svyatova, O. and Soloshenko, R. (2016). Conditions and perspectives of Russian sugar market development. Economic annals, 161 (9-10), 47-50.

Zyukin, D., Svyatova, O., Zolotareva, E., Bystritskaya, A. and Alyokhina, A. (2020b). The improvement of the model to develop the infrastructure of the grain product subcomplex as the essential attribute to increase the efficiency and ramp up of Russian grain export. Amazonia Investiga, 9 (25), 461-470.

## Possibility of using technogenically polluted floodplain landscapes

A.L. Silaev \*

E.V. Smolsky \*\*

G.V. Chekin \*\*\*

V. Yu. Simonov \*\*\*\*

A. Novikov \*\*\*\*\*

### ABSTRACT

The article provides a modern assessment of technogenically polluted floodplain landscapes of various rivers of the Polesian Lowland. The carried out ecological monitoring of productivity, radioactivity of perennial grasses and fertility of floodplain soils revealed the following results, tendencies and regularities: the most favorable set of conditions for obtaining an air-dry mass of grasses with the highest productivity up to 5 t / ha was found on the floodplain of the Iput River, possibly used as hayfields floodplain lands at present, with a  $^{137}\text{Cs}$  pollution density below 555 kBq /  $\text{m}^2$  obtained after the Chernobyl accident, the use of floodplains as hayfields with a  $^{137}\text{Cs}$  pollution density above 555 kBq /  $\text{m}^2$  is impossible, coarse fodder from the floodplains of the Iput and Besed rivers is 6.4 and 6.6 times higher than the permissible level of  $^{137}\text{Cs}$  content in products, the content of organic matter, calcium and magnesium grew in the landscape of the floodplain by subsystems: near-river  $\rightarrow$  central  $\rightarrow$  near-terrace landscape, a high content of mobile phosphorus and exchangeable potassium, respectively, from 227 to 362 and 122 to 266 mg / kg were found in the near-terrace subsystem of the studied floodplains, the effect of fertility on an increase in productivity is positive, with the exception of the effect of acidity and negative on an increase in specific activity  $^{137}\text{Cs}$ , established an average role ( $0.30 < r < 0.70$ ) of fertility indicators in increasing productivity, the correlation coefficient ( $r$ ) ranged from 0.41 to 0.64 and -0.38, revealed a strong role ( $r > 0.70$ ) of the content of phosphorus available for a plant in a decrease in the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in the air-dry mass of grasses, the correlation coefficient ( $r$ ) was -0.70.

KEY WORDS: radioactive contamination, floodplain meadow, alluvial soil, indicators of soil fertility, specific activity of  $^{137}\text{Cs}$ , correlation, soil pollution, feed, productivity, radioactivity, soil fertility, correlation.

\*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, 2A, Sovetskaya street. E-mail: kafeap@bgsha.com

\*\*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, 2A, Sovetskaya street. E-mail: sev\_84@mail.ru

\*\*\*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, 2A, Sovetskaya street. E-mail: gb-swamp@yandex.ru

\*\*\*\* Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, 2A, Sovetskaya street. E-mail: simonov\_84@mail.ru

\*\*\*\*\* Student Bryansk State Agrarian University, 2A, Sovetskaya street, village of Kokkino, Vygonichsky district, Bryansk region, Russia, 243365

Recibido: 27/10/2020

Aceptado: 08/12/2020

## Posibilidad de utilizar llanuras aluviales contaminadas tecnogénicamente

El artículo ofrece una evaluación de los paisajes de llanuras aluviales contaminadas tecnológicamente, de varios ríos de las tierras bajas de Polesian. El monitoreo ecológico realizado de productividad, radiactividad de gramíneas perennes y fertilidad de suelos de llanura aluvial reveló los siguientes resultados, tendencias y regularidades: el conjunto de condiciones más favorables para obtener una masa de gramíneas secas al aire con la mayor productividad hasta 5 t / ha se encontró en la llanura aluvial del río Iput, posiblemente utilizada como tierras de llanura aluvial de campos de heno en la actualidad, con una densidad de contaminación de  $^{137}\text{Cs}$  inferior a 555 kBq / m<sup>2</sup> obtenida después del accidente de Chernobyl, el uso de llanuras de inundación como campos de heno con una densidad de contaminación de  $^{137}\text{Cs}$  superior a 555 kBq / m<sup>2</sup> es imposible, el forraje grueso de las llanuras aluviales de los ríos Iput y Besed es 6.4 y 6.6 veces mayor que el nivel permisible de contenido de  $^{137}\text{Cs}$  en los productos, el contenido de materia orgánica, calcio y magnesio creció en el paisaje de la llanura aluvial por subsistemas : paisaje cercano al río → central → cercano a la terraza, un alto contenido de fósforo móvil y potasio intercambiable, respectivamente, de 227 a 362 a nd se encontraron 122 a 266 mg / kg en el subsistema de terrazas cercanas de las llanuras de inundación estudiadas, el efecto de la fertilidad sobre el aumento de la productividad es positivo, con excepción del efecto de la acidez y negativo sobre el aumento de la actividad específica  $^{137}\text{Cs}$ , establecido un papel promedio ( $0,30 < r < 0,70$ ) de los indicadores de fecundidad en el aumento de la productividad, el coeficiente de correlación (r) osciló entre 0,41 y 0,64 y -0,38, reveló un papel fuerte ( $r > 0,70$ ) del contenido de fósforo disponible para un planta en una disminución en la actividad específica de  $^{137}\text{Cs}$  en la masa seca al aire de gramíneas, el coeficiente de correlación (r) fue de -0,70.

**PALABRAS CLAVES:** contaminación radiactiva, pradera de llanura aluvial, suelo aluvial, indicadores de fertilidad del suelo, actividad específica de  $^{137}\text{Cs}$ , correlación, contaminación del suelo, alimentación, productividad, radiactividad, fertilidad del suelo, correlación.

### Introduction

A special place among the various soils belongs to floodplain soils, which have a strong difference from the soils of watershed areas both in their origin and characteristics, as well as in their use in the process of management. Floodplain soils, occupying a relatively small area, are still of significant value for agricultural production. (Balabko, Sneg, Lokalina, et-al 2016; Dobrovol'ski, Balabko, Stasjuk et-al 2011; Oreshkin, Kuzmenkova., Ulyanochkina, et-al 2000).

Floodplain soils in the central regions of the European part of Russia, which are in dire need of the production of dairy products to supply cities and industrial centers

(Dobrovolski, 2005) are especially valuable, which is largely complicated by radioactive contamination of a vast territory ( Aleksakhin, Sanzharova, Fesenko, 2006; Belous, Prudnikov, Shcheglov, 2019; Prosyannikov, Silaev, Koshelev 2000).

The non-chernozem zone of Russia has all the possibilities for the accelerated development of dairy farming: vast land resources, fodder base (Chirkov, Drobyshevskaya, 2016; Prosyannikov, Balabko, Prosyannikov, 2012; Trofimov, Trofimova, Yakovleva, 2010) fodder production acquires particular importance in conditions of radioactive contamination of the territory with artificial long-lived radionuclides, when the development of the region is associated with the return to circulation of agricultural territories removed from agricultural turnover as a result of the Chernobyl precipitation on them ( Aleksakhin, 2009; Belous, 2016; Panov, Prudnikov, Titov, et-al 2019; Tsybulko, Panov, Titov, et-al 2020).

The aim of this work is to assess the current state of the use of technologically polluted floodplains as hayfields and to assess the role of fertility in changing the productivity and radioactivity of natural grass stand.

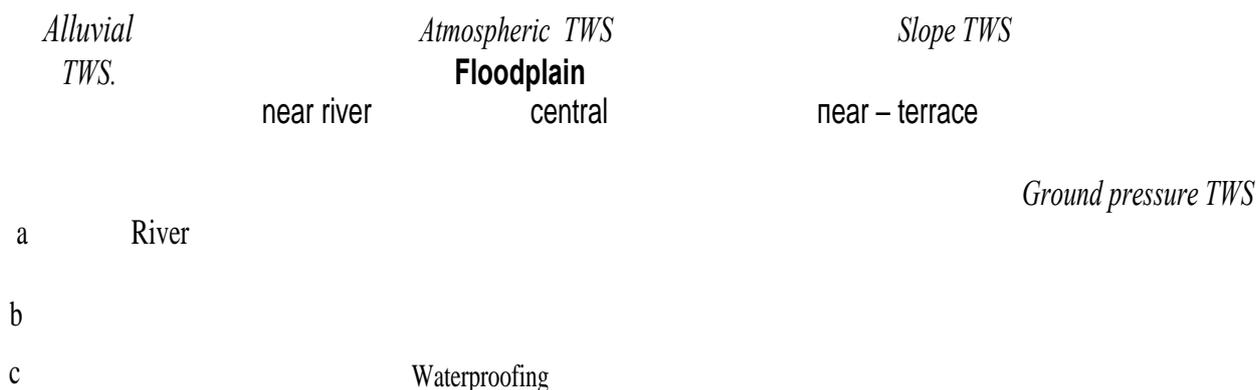
## 1. Material and research methods

The methodological basis for the study was the concept of environmental monitoring, a systematic approach and the scientific provisions of agricultural radiology.

Soil and plant samples were taken within the floodplain landscapes of the Iput, Unecha, Besed rivers located in the Polesian Lowland, technogenically contaminated as a result of the Chernobyl accident, in 2019 after 33 years after the accident, to determine the current state of soil fertility and the suitability of floodplain landscapes in meadow growing.

The territory of the floodplain, depending on its distance from the riverbed, is divided into 3 subsystems: near-river, central and near-terrace. They differ in the composition of alluvial deposits, relief, hydrology and, as a consequence, in vegetation and soil cover (Fig. 1).

Organic matter, exchangeable acidity, the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium, calcium and magnesium in soil samples were determined at the center for collective use of scientific equipment at the Bryansk State Agrarian University according to generally accepted methods.



**Legend:**

**Floodplain ecological subsystems:** TWS - type of water supply. **River water level or flood:** a - flood; b - dry season on average for precipitation in a year; c - dry season in a dry year.

Fig. 1- Profile of a typical floodplain landscape

The soils of the study areas and data on technogenic pollution with <sup>137</sup>Cs are presented in Table 1.

Table-1: Objects of research and their technogenic pollution

Floodplain	Density of <sup>137</sup> Cs contamination in the territory after the Chernobyl accident, kBq / m <sup>2</sup>	The soil
Unecha River	185-555	Alluvial soddy acidic layered primitive shortened sandy loam
		Alluvial meadow acidic shallow shortened light loamy
		Alluvial humus-boggy medium loamy
Iput River	555-1480	Alluvial soddy acidic layered primitive shortened sandy loam
		Alluvial meadow acidic shallow shortened light loamy
		Alluvial humus-boggy medium loamy
Besed River	over 1480	Alluvial soddy acidic layered primitive shortened sandy loam
		Alluvial meadow acidic shallow shortened light loamy
		Alluvial humus-boggy medium loamy

Geobotanical survey of herbage of floodplain ecosystems was carried out according to the generally accepted method (Table 2). To determine the productivity, a 0.25 m<sup>2</sup> frame was used, placed on four counting sites, the plant mass from each counting site was dried to standard moisture content (17%), and the yield of the air-dry grass mass was calculated. Plants were sorted out according to economic characteristics: dominants used in meadow growing, codominants - forbs, are not of economic value.

The specific activity of <sup>137</sup>Cs in the air-dry mass of grasses was determined at USK "Gamma Plus" (Russia); the measurement error did not exceed 10%.

Correlation analysis of productivity and specific activity of <sup>137</sup>Cs of air-dry matter of grasses and indicators of soil fertility was carried out; the number of pairs in the analysis was 9.

Table-2: Agrobotanical composition of herbage of floodplain landscapes

Floodplain subsystem	Dominant	Sodominant
near-river	<i>Alopecurus pratensis</i> <i>Bromopsis inermis</i>	<i>Rumex thyrsiflorus</i> <i>Achillea millefolium</i> <i>Plantago media</i> <i>Ranunculus acris</i>
central	<i>Digraphis arundinacea</i> <i>Glyceria aquatica</i>	<i>Equisetum arvense</i> <i>Filipendula ulmaria</i>
near-terrace	<i>Carex vulpina</i> <i>Carex vesicaria</i> <i>Carex acuta</i>	<i>Equisetum arvense</i> <i>Lythrum salicaria</i>

## 2. Research results and their discussion

The climatic conditions of the Polesian Lowland and the natural fertility of the soils of the floodplain, to varying degrees, ensure the productivity of the floodplain landscape. The most favorable set of conditions developed on the Iput River floodplain, where the total productivity of the floodplain landscape was 5.07 t / ha of air-dry grass biomass, which is 1.8 times more than in the floodplains of the Unecha and Besed rivers (Table 3).

Table-3: Productivity and specific activity of <sup>137</sup>Cs of air-dry mass of grasses in floodplain meadows

Group of plants	Floodplain landscape					
	near-river subsystem		central subsystem		near-terrace subsystem	
	P	SA	P	SA	P	SA
floodplain of the Unecha River						
dominants	0,26	33,2	0,34	55,1	0,78	258,0
codominants	0,43	50,4	0,44	71,9	0,60	135,4
sum / average	0,69	41,8	0,78	63,5	1,38	196,7
floodplain of the Iput River						
dominants	0,46	2045,0	1,63	2054,0	1,38	878,0
codominants	0,17	1278,0	0,41	1145,0	1,02	228,2
sum / average	0,63	1661,5	2,04	1599,5	2,40	553,1
floodplain of the Besed River						
dominants	0,44	290,9	0,39	1180,0	1,12	54,1
codominants	0,31	290,9	0,24	2099,0	0,31	56,6
sum / average	0,75	290,9	0,63	1639,5	1,43	55,4

Note: P - productivity, t / ha, SA - specific activity of <sup>137</sup>C, Bq / kg

The predominance of an economically valuable group of plants in the central subsystem of the floodplain of the Iput River, the place of the main meadow forage production, was established. The productivity of dominants is 3.9 times higher than that of forbs. Forbs prevailed in the central subsystem of the Unecha River floodplain, and the productivity of economically valuable grasses in the Besed River floodplain was 1.6 times higher than the biomass of forbs. Probably, such productivity of economically valuable grasses in the central part of the floodplain of the Iput River is associated with the peculiarities of this floodplain and human economic activity leading to its cultivation.

The productivity of the floodplain of the Iput River was at the levels of productivity of the floodplain of the Desna River in its middle course located in the Dnieper lowland (Prosyannikov, Balabko, Prosyannikov, 2011)

The central floodplains of the Unecha and Besed rivers, apparently, are little used in the production of forage; therefore, forbs either predominates over economically valuable plants, or were at the same level.

As a result of the Chernobyl accident, the sections of the study area, according to the density of radioactive contamination with  $^{137}\text{Cs}$ , were arranged in the following order: the floodplain of the Unecha River - 185-555 kBq / m<sup>2</sup>, the floodplain of the Iput River - 555-1480 kBq / m<sup>2</sup>, the floodplain of the Besed River - over 1480 kBq / m<sup>2</sup> (Sychev, Lunev, Orlov, et-al 2016).

According to the technical regulations of the Customs Union “On the safety of feed and feed additives” (TR 201\_ / 00\_ / TC), at present the content of radionuclides in the air-dry mass of grasses (hay) should not exceed 250 Bq / kg. After 33 years since the fallout of radioactive fallout, the main dose-forming component of which was  $^{137}\text{Cs}$ , the climatic conditions of the Polesian Lowland and the natural fertility of the floodplain soils of the Iput and Besedi rivers do not allow obtaining roughage with an acceptable content of  $^{137}\text{Cs}$  in products, without the use of protective measures, the excess in the central subsystem of the floodplain by 6.4 and 6.6 times, respectively (Table 3). It was established that after 33 years after the accident, it is possible to use floodplain lands with a  $^{137}\text{Cs}$  contamination density of 185-555 kBq / m<sup>2</sup> as hayfields without the use of any rehabilitation measures. The use of the central floodplains of the Iput and Besed rivers, even after 33 years after the Chernobyl accident, is unacceptable without the use of protective measures to prevent the transfer of radionuclide from soil to plants.

In the Polesian Lowland, the use of river floodplains with a  $^{137}\text{Cs}$  contamination density of the territory over 555 kBq / m<sup>2</sup> after the Chernobyl accident in fodder production is unacceptable without special measures for the rehabilitation of these lands (Belous, Smolsky, Chesalin, et-al 2016; Pakshina, Shapovalov, Chesalin, et-al 2019; Panov, Aleksakhin, Muzalevskaya, et-al 2009)

Climatic conditions of the Polesian Lowland, vegetation, hydrology, geomorphology, lithology of the territory form indicators of the fertility of floodplain soils (Table 4).

The following regularities of fertility indicators were established: the organic matter of the soils of the floodplains of the Unecha, Iput, and Besed rivers increased from the riverbed to the near-terrace subsystem, respectively, by 7.0, 2.7, and 13.4 times, which is associated with the distribution of alluvium and the hydrological and geomorphological conditions of the site; similar trends as with a change in organic matter were observed with a change in the content of calcium and magnesium.

Table-4: Indicators of soil fertility of floodplains

The soil	Organic matter	pH <sub>KCl</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
	%	units	mg / kg		mmol / 100 g	
floodplain of the Unecha River						
Alluvial soddy acidic layered primitive shortened sandy loam	1,98	5,26	310	54	5,47	1,16
Alluvial meadow acidic shallow shortened light loamy	3,15	4,52	241	73	9,72	1,66
Alluvial humus-boggy medium loamy	13,83	4,50	362	156	22,4 7	2,22
floodplain of the Iput River						
Alluvial soddy acidic layered primitive shortened sandy loam	3,93	4,12	57	102	5,82	1,10
Alluvial meadow acidic shallow shortened medium loamy	7,15	4,13	116	140	12,32	1,35
Alluvial humus-boggy heavy loamy	10,67	4,36	339	122	19,12	2,06
floodplain of the Besed River						
Alluvial soddy acidic layered primitive shortened sandy loam	1,23	4,67	83	75	3,53	1,03
Alluvial soddy acidic low-power shortened heavy loamy	1,89	4,39	77	39	12,03	1,26
Alluvial humus-boggy heavy loamy	16,48	4,45	227	266	22,7 6	2,97

The conditions of the Polissya lowland determine the acidic reaction of the soil solution, which varies depending on the location of floodplains and soils in the range from 4.12 to 5.26 units.

A high content of mobile phosphorus was revealed, regardless of river floodplains, in the near-terrace part, which varied from 227 to 362 mg / kg. A high content in the floodplain of the Unecha River was also found in other parts of the floodplain, which is apparently due to the presence of sedimentary rocks with a high concentration of phosphorus. Lower values of 57 to 116 mg / kg were observed for the near-channel and central subsystems of the floodplains of the Iput and Besed rivers.

A similar tendency was found for a high content of exchangeable potassium regardless of river floodplains, in the near-terrace part, which varied from 122 to 266 mg / kg, a high content in the Iput River floodplain was also found in other parts of the floodplain, which is apparently due to the use of potassium use of radioactively contaminated forage lands. Lower

values of 39 to 79 mg / kg were observed in the near-channel and central subsystems of the floodplains of the Unecha and Besed rivers.

Having carried out a correlation analysis of the productivity of floodplains and the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  of air-dry matter of grasses and indicators of soil fertility (Table 5), it was found that the correlation coefficients of the influence of fertility indicators on productivity are positive, except for exchangeable acidity, and negative when correlated with the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$ . With an increase in soil fertility, the productivity of the floodplain ecosystem increases and the content of  $^{137}\text{Cs}$  in the products obtained from floodplain meadows decreases (Aleksakhin, Filipas, Ulyanenko, et-al 2007; Belous, Vorobieva, Belous, et-al 2012; Podolyak, Timofeev, Grebenshchikova, et-al 2005).

**Table 5 - Coefficients of correlation of productivity, specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  and air-dry matter of grasses and indicators of soil fertility**

Soil fertility indicator	Productivity, t / ha	Specific activity of $^{137}\text{Cs}$ , Bq / kg
Organic matter, %	0,64	-0,29
$\text{pH}_{\text{KCl}}$ , units	-0,38	-0,67
$\text{P}_2\text{O}_5$ , mg / kg	0,41	-0,70
$\text{K}_2\text{O}$ , mg / kg	0,52	-0,24
Ca, mmol / 100 g soil	0,64	-0,22
Mg, mmol / 100 g soil	0,49	-0,47

An average role ( $0.30 < r < 0.70$ ) of fertility indicators in increasing productivity was revealed, the correlation coefficient ( $r$ ) ranged from 0.41 to 0.64 and -0.38, which means that with an increase in the content of organic matter and available to plants phosphorus, potassium, calcium and magnesium, and with a decrease in exchangeable acidity, the productivity of floodplain herbage increases. The largest coefficient ( $r = 0.64$ ) of the dependence of indicators was found for organic matter and calcium content.

We revealed a weak role ( $r < 0.30$ ) of organic matter, the content of potassium and calcium available for a plant in a decrease in the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in the air-dry mass of herbs. The correlation coefficient ( $r$ ) ranges from -0.22 to -0.29, the average role ( $0.30 < r < 0.70$ ) of the content of magnesium available for the plant and acidity in the decrease in the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in the air-dry mass of grasses, the correlation coefficient ( $r$ ) ranged from -0.47 to -0.67 and a strong role ( $r > 0.70$ ) of the content of phosphorus available for the

plant in the decrease in the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in the air-dry mass of grasses, the correlation coefficient ( $r$ ) was is equal to  $-0.70$ .

## Conclusion

The carried out ecological monitoring of the current state of technogenically polluted floodplain lands of the Polesian Lowland revealed the following results, tendencies and patterns:

- the most favorable set of conditions for obtaining an air-dry mass of grasses of the highest productivity up to 5 t / ha was found on the floodplain of the Iput River;
- it is possible to use floodplains as hayfields, with a  $^{137}\text{Cs}$  pollution density below 555 kBq /  $\text{m}^2$  obtained after the Chernobyl accident, the use of floodplains as hayfields with a  $^{137}\text{Cs}$  pollution density above 555 kBq /  $\text{m}^2$  is impossible, coarse fodder from the floodplains of the Iput and Besed rivers, respectively 6.4 and 6.6 times the permissible level of  $^{137}\text{Cs}$  content in products;
- the content of organic matter, calcium and magnesium grew in the ecosystem of the floodplain by subsystems: near-channel  $\rightarrow$  central  $\rightarrow$  near-terrace;
- a high content of mobile phosphorus and exchangeable potassium, respectively, from 227 to 362 and 122 to 266 mg / kg was found in the near-terrace subsystem of the studied floodplains;
- the effect of fertility on an increase in productivity is positive, with the exception of the effect of acidity, and negative on an increase in the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$ ;
- established the average role ( $0.30 < r < 0.70$ ) of fertility indicators in increasing productivity, the correlation coefficient ( $r$ ) ranged from 0.41 to 0.64 and  $-0.38$ ;
- revealed a strong role ( $r > 0.70$ ) of the content of phosphorus available for a plant in a decrease in the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in the air-dry mass of grasses, the correlation coefficient ( $r$ ) was  $-0.70$ .

**Conflict of Interest:** absent

**Source of Funding:** absent

## References

- Aleksakhin R.M. (2009). Radioactive contamination as a type of soil degradation. *Eurasian Soil Science*. Vol. 42. No. 12. Pp. 1386-1396.
- Aleksakhin R.M., Filipas A.S., Ulyanenko L.N., Zhigareva T.L., Anisimov V.S. (2007). On the problem of farming under conditions of technogenic impact on agricultural landscapes. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. No 3. Pp. 26-28.
- Aleksakhin R.M., Sanzharova N.I., Fesenko S.V. (2006). Radioecology and the accident at the Chernobyl nuclear power plant. *Atomic Energy*. Vol. 100. No 4. Pp. 257-263.
- Balabko P.N., Sneg A.A., Lokalina T.V., Shchedrin V.N. (2016). Soils of the reclaimed floodplain of the upper reaches of the Oka River, used in intensive farming. *Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems*. No 3 (23). Pp. 116-137.
- Belous N.M. (2016). Chernobyl affairs. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. No 2 (54). Pp. 3-8.
- Belous N.M., Prudnikov P.V., Shcheglov A.M., Smolsky E.V., Belous I.N., Silaev A.L. (2019). Probability of obtaining milk and feed that do not meet the permissible levels of  $^{137}\text{Cs}$  in the south-west of the Bryansk region in the distant period after the accident at the Chernobyl nuclear power plant. *Radiation and risk*. Vol. 28. No. 3. Pp. 36-46.
- Belous N.M., Smolsky E.V., Chesalin S.F., Shapovalov V.F. (2016). The role of mineral potassium in reducing the intake of  $^{137}\text{Cs}$  in forage grasses and increasing their productivity on radioactively contaminated lands. *Agricultural biology*. Vol. 51. No 4. Pp. 543-552.
- Belous N.M., Vorobieva L.A., Belous I.N. (2012). Optimal parameters of soil fertility for the production of normatively clean agricultural products in the territories contaminated with radionuclides: monograph. Bryansk: Publishing House of the Belarusian State Agricultural Academy, 92 p.
- Chirkov E.P., Drobyshevskaya T.V. (2016). The role of grassland farming in the reproduction of the forage base. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. No 5 (57). Pp. 21-32.
- Dobrovol'ski G.V. (2005). Soils of river floodplains in the center of the Russian plain: 2nd edition. Moscow: Moscow State University, 289 p.
- Dobrovol'ski G.V., Balabko P.N., Stasjuk N.V., Bykova E.P. 2011. Alluvial soils of river floodplains and deltas and their zonal differences. *Arid Ecosystems*. Vol. 1. No 3. Pp. 119-124.
- Oreshkin V.N., Kuzmenkova V.S., Ulyanochkina T.I., Balabko P.N. (2000). Lead in iron-manganese concretions of varying size from alluvial soils and deposits. *Geochemistry International*. 2000. Vol. 38. No 6. Pp. 619-623.

Pakshina S.M., Shapovalov V.F., Chesalin S.F., Smolsky E.V., Korenev V.B. (2019). Bio-removal of  $^{137}\text{Cs}$  from soil by perennial bluegrass grasses in connection with mineral nutrition and the availability of soil moisture. *Agricultural biology*. Vol. 54. No 4. Pp. 832–841.

Panov A.V., Aleksakhin R.M., Muzalevskaya A.A., Prudnikov P.V., Novikov A.A. 2009. Influence of rehabilitation measures on  $^{137}\text{Cs}$  uptake by crops from soils contaminated during the Chernobyl NPP accident. *Eurasian Soil Science*. Vol. 42. No 4. Pp. 445–457.

Panov A.V., Prudnikov P.V., Titov I.E., Krechetnikov V.V., Ratnikov A.N., Shubina O.A. (2019). Radioecological assessment of agricultural lands and products of the south-western regions of the Bryansk region contaminated with radionuclides as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant. *Radiation hygiene*. Vol. 12. No 1. Pp. 25–35.

Podolyak L.G., Timofeev S.F., Grebenshchikova N.V., Arastovich T.V., Zhdanovich V. (2005). Predicting the accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in herbage of the main types of meadows of the Belarusian Polesie by agrochemical properties of soil. *Radiation biology. Radioecology*. Vol. 45. No 1. Pp. 100–111.

Prosyannikov D.E., Balabko P.N., Prosyannikov E.V., Chekin G.V. (2011). Assessment of herbage ecosystems of the Middle Desna floodplain. *Problems of Agrochemistry and Ecology*. No 2. Pp. 23–28.

Prosyannikov D.E., Balabko P.N., Prosyannikov E.V., Chekin G.V. (2012). The current state of the ecosystem of the right-bank floodplain of the Middle Desna and the prospects for its rational use. *Agrochemical Bulletin*. No 5. Pp. 9–13.

Prosyannikov E.V., Silaev A.L., Koshelev I.A. (2000). Specific ecological features of  $^{137}\text{Cs}$  behavior in river floodplains. *Russian Journal of Ecology*. Vol.31. No 2. Pp. 132–135.

Sychev V.G., Lunev V.I., Orlov P.M., Belous N.M. (2016). Chernobyl: radiation monitoring of agricultural land and agrochemical aspects of reducing the consequences of radioactive soil contamination (to the 30th anniversary of the man-made accident at the Chernobyl nuclear power plant). Moscow: VNIIA, 184 p.

Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. (2010). Herbal ecosystems in Russian agriculture. Use and protection of natural resources in Russia. No 4. Pp. 37–40.

Tsybulko N.N., Panov A.V., Titov I.E., Krechetnikov V.V. (2020). Soil and radioecological zoning of radioactively contaminated agricultural lands in Belarus and Russia. *Radiation and risk. Bulletin of the National Radiation and Epidemiological Register*. Vol. 29. No 2. Pp. 115–127.

## Atributos de penetración de calor en langostinos procesados térmicamente en envases de vidrio

Diego Alejandro Pulache Celi\*  
William Rolando Miranda Zamora\*\*  
Luis Manuel Zamora Valladares\*\*\*  
Nelly Luz Leyva Povis\*\*\*\*

### RESUMEN

El procesado térmico es una operación vital en el área de la conservación de alimentos. La conserva en vidrio permite extender la durabilidad de los productos. Se estudiaron las características de penetración por calentamiento del producto procesado en retorta por aplicación de vapor de agua. Las conservas de langostino (*Litopenaeus vannamei*) contenidas en envases de vidrio y en medio de salmuera, se procesó térmicamente hasta valores mínimos de  $F_0$  de 5,16 min, 2,61 min, 1,06 min y 0,73 min a 121°C. Los valores de penetración de calor se registraron para cada minuto de procesamiento con el registrador de temperatura. Se observó que el tiempo para alcanzar la temperatura de retorta 121°C osciló entre 19 min a 27 min en vapor de agua. Los parámetros de penetración de calor de las conservas de langostinos en vidrio oscilaron entre  $f_h$  entre 7,94 a 24,1 min y  $j_h$  entre 0,66 a 2,65. El tiempo de proceso total pronosticado con el método de Ball modificado osciló entre 19,69 a 57,92 min para las conservas de langostinos en salmuera en vidrio esterilizadas en vapor de agua. Los atributos de penetración de calor, en las conservas de langostinos en salmuera en vidrio, permitieron lograr la esterilidad comercial.

**PALABRAS CLAVE:** Método de Ball modificado, procesamiento térmico, alimentos envasados, cálculos de procesos.

\*Estudiante de Ingeniería de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de Frontera, Sullana. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8582-9763>

\*\*Docente Investigador. Universidad Nacional de Frontera, Sullana. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0829-2568>

\*\*\*Ingeniero Mecatrónico. Universidad Nacional de Piura. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6067-3552>

\*\*\*\*Docente Asociada. Universidad Nacional de Piura. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1821-1044>

Recibido: 13/09/2020

Aceptado: 08/11/2020

## Heat penetration attributes in thermally processed prawns in glass containers

### ABSTRACT

Thermal processing is a vital operation in the area of food preservation. The preservation in glass allows to extend the durability of the products. The characteristics of penetration by heating of the processed product in retort by the application of steam were studied. The canned shrimp (*Litopenaeus vannamei*) contained in glass containers and in a brine medium were thermally processed to minimum values of  $F_0$  of 5.16 min, 2.61 min, 1.06 min and 0.73 min at 121°C. The heat penetration values were recorded for each minute of processing with the temperature recorder. It was observed that the time to reach the retort temperature 121°C ranged from 19 min to 27 min in steam. The parameters of heat penetration of the canned prawns in glass ranged from  $f_h$  between 7.94 to 24.1 min and  $j_h$  between 0.66 to 2.65. The total process time predicted with the modified Ball method ranged from 19.69 to 57.92 min for canned prawns in glass brines sterilized in steam. The heat penetration attributes of canned prawns in glass brine, allowed achieving commercial sterility.

KEYWORDS: Modified Ball method, thermal processing, canned foods, process calculations.

### Introducción

El procesamiento térmico se encuentra entre los primeros métodos de procesamiento comercial (Wang *et al.*, 2019; Membré & van Zuijlen, 2011; Augusto *et al.*, 2014; O'zilgen, 2011). El tiempo de procesamiento o procesado térmico requerido para reducir la carga microbiana inicial  $N_0$ , a una concentración final segura  $N$ , a una temperatura constante  $T_{ref}$  (Gao *et al.*, 2020; Nunes *et al.*, 1993) es:

$$F_{requerido} = D_{T_{ref}} \log\left(\frac{N_0}{N}\right) \quad [1]$$

donde  $\log(N_0/N)$  es el número de reducciones de ciclos logarítmicos microbianos necesarios para lograr un producto seguro (Rifna *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2019; Dilmaçunal & Kuleaşan, 2018; Alexandre *et al.*, 2011) y  $D_{T_{ref}}$  es el tiempo de calentamiento a la  $T_{ref}$  para la reducción de un ciclo logarítmico (Abe *et al.*, 2018; Rahman *et al.*, 2004).

El procesamiento térmico recibido a temperatura variable  $T(t)$ , puede calcularse como:

$$F_{\text{proceso}} = \int_0^t 10^{\frac{T-T_{\text{ref}}}{z_{\text{microorganismo}}}} dt \quad [2]$$

donde  $F_{\text{proceso}}$ , es la letalidad integrada en un solo punto dentro del contenedor de alimentos, también conocido como valor de esterilización. También se puede definir como el tiempo equivalente de esterilización a una temperatura determinada ( $T_{\text{ref}}$ ) expresada en minutos,  $t$  es la duración del proceso,  $z$ , es el valor de resistencia del microorganismo de referencia al analizar la cinética de muerte microbiana, o la cantidad de grados Celsius, necesarios para reducir  $D$ , en un factor de 10 (Zhang *et al.*, 2018; Dumitraşcu *et al.*, 2012). Las esporas de *Clostridium botulinum* se han utilizado tradicionalmente, para validar la seguridad de los alimentos de baja acidez esterilizados térmicamente (Tola & Ramaswamy, 2018; Daryaei *et al.*, 2016; Hong *et al.*, 2016; Johnson, 2014; Taylor *et al.*, 2013; Glass & Marshall, 2013; Silva & Gibbs, 2010; Lindström *et al.*, 2006). El centro de la lata se considera crítico; es decir, el último punto esterilizado del alimento calentado (Barbosa-Canovas & Ibarz, 2014). Por lo tanto, el lado derecho de la ecuación [2], generalmente se evalúa en el punto crítico del alimento. El procesamiento recibido por los alimentos se considera seguro cuando:

$$F_{\text{proceso}} \geq F_{\text{requerido}} \quad [3]$$

De la misma manera el valor  $C$  (cocción) de un proceso, se define en términos de los parámetros cinéticos, asociados con la pérdida de nutrientes, o el ablandamiento del tejido en el procesamiento térmico:

$$C_{\text{proceso}} = \int_0^t 10^{\frac{T-T_{\text{ref}}}{z_{\text{nutriente}}}} dt \quad [4]$$

donde  $z_{\text{nutriente}}$  (valor  $z$ ) y  $T_{\text{ref}}$  (temperatura de referencia), representan el componente más inestable al calor. En general, el valor de cocción de referencia se caracteriza por:  $z_{\text{nutriente}} = 33^\circ\text{C}$ , y  $T_{\text{ref}} = 100^\circ\text{C}$  (Yang *et al.*, 2016; Holdsworth & Simpson, 2015a; Tribuzi *et al.*, 2015; Ling *et al.*, 2014; Abakarov & Nuñez, 2013; Bignardi *et al.*, 2013; IFT/FDA, 2000; Kyereme *et al.*,

1999). Los valores de F y C, se informan juntos para describir el efecto del procesamiento sobre la carga microbiana, y el valor nutricional de los alimentos (Adepoju *et al.*, 2016). La evaluación del proceso térmico de un alimento se puede hacer usando el método de la Fórmula de Ball (Holdsworth & Simpson, 2015b; Stoforos, 2010; Stoforos *et al.*, 1997; Stoforos, 1991; Ball, 1928), que hace uso de los parámetros de penetración de calor (Holdsworth & Simpson, 2015c; Datta, 1990). El método de Ball modificado (Miranda-Zamora *et al.*, 2020a) usa la siguiente expresión matemática en la parte de la hipérbola planteada por Ball (1923):

$$C_{cl} = \left[ \frac{b_c}{a_c m} \frac{\sqrt{[(a_c m + 0,343m)^2 - (a_c m)^2]}}{e^{\frac{0,343m}{z_e}}} + \frac{b_c}{a_c} \frac{\ln 10 \cdot z_e e^{\frac{a_c m}{z_e}}}{m} E \right] \quad [5]$$

donde  $C_{cl}$  = es la contribuciones del valor C de la parte curva del inicio del enfriamiento,  $a_c$  y  $b_c$  = son los coeficientes del modelo de Ball,  $m$  = es la diferencia de temperatura entre  $T_g$  = la temperatura máxima de calentamiento y  $T_{CW}$  = la temperatura del agua de enfriamiento,  $z_e$  = es el valor z dividido entre el ln 10, y E = es la integral de la parte curva del modelo de Ball.

El objetivo del trabajo de investigación ha sido establecer los atributos de penetración de calor en langostinos procesados térmicamente en envases de vidrio, para garantizar la esterilidad comercial de las conservas elaboradas determinando los tiempos de proceso total.

## 1. Materiales y métodos

La conserva de langostinos en medio de salmuera ha sido elaborada siguiendo la guía de inspecciones de alimentos enlatados de baja acidez de la FDA (2014). Los langostinos fueron extraídos de una empresa (langostinera) de la ciudad de Tumbes (al norte del Perú). Los envases de vidrio usados fueron de 212 mL de capacidad, colocándose en su interior 12 langostinos. Las pruebas se realizaron con cuatro réplicas. La evaluación de las pruebas realizadas en conservas de langostino en vidrio, se realizó mediante el método de Ball modificado (Miranda-Zamora *et al.*, 2020a; Tucker *et al.*, 2020), para lo cual se determinó el tiempo de levante o de alcance de la temperatura de retorta (CUT, min), la temperatura inicial ( $T_0$ , °C), el tiempo de proceso total ( $T_P$ , min) y el valor F, del proceso (min) a partir de

las cuatro pruebas experimentales realizadas en una retorta o autoclave con vapor de agua usando sensores de temperatura. Los datos de las pruebas de penetración de calor fueron obtenidos mediante sensores o termocuplas tipo K (Liu *et al.*, 2020). Los parámetros de penetración de calor del método de Ball modificado  $f_h$  (min) y  $j_h$  fueron determinados usando el algoritmo de un programa realizado en lenguaje Visual (Miranda-Zamora *et al.*, 2020b) a partir del modelo de la ecuación [5] pudiéndose establecer del historial tiempo-temperatura, el valor C del proceso y el tiempo de Ball (B). La temperatura de procesado térmico de las conservas fue de 121°C de temperatura y 14,7 psi (lbf/pulg<sup>2</sup>)

## 2. Resultados y discusión

Los resultados del efecto de la esterilización en vapor de agua, en los atributos de penetración de calor del langostino procesado en medio de salmuera, y envasado en vidrio se presenta en la Tabla 1. Los gráficos que muestran el valor  $F_0$ , el valor de cocción (C), la temperatura de la retorta, y la temperatura del producto se dan en las Figuras 1 a la 4.

Tabla 1. Factores de penetración de calor y tiempos de proceso total y de Ball por el método de Ball modificado.

Prueba	Valor C, proceso (min)	CUT <sup>1</sup> (min)	$f_h^2$ (min)	$j_h^2$		B <sup>3</sup> (min)	T <sub>P</sub> <sup>4</sup> (min)
				Con CUT	Sin CUT		
I	66,70	27	24,1	1,58	7,06	42,25	57,92
II	35,90	20	17,11	0,76	3,61	22,42	34
III	16,84	23	7,94	2,65	126,68	14,31	27,64
IV	15,25	19	8,23	0,66	14,36	8,69	19,69

<sup>1</sup>CUT = tiempo de levante de la temperatura de la retorta u autoclave; <sup>2</sup> $f_h$  y  $j_h$  = parámetros de penetración del calor; <sup>3</sup>B = tiempo de Ball; <sup>4</sup>T<sub>P</sub> = tiempo de proceso total o calentamiento) = B + 0,58 CUT.

El tiempo de proceso o tiempo del operador,  $t_{op}$ , para una operación comercial se mide desde el momento en que la retorta alcanza la temperatura de procesamiento o de retorta,  $T_R$ , hasta el momento en que se apaga el vapor, y se aplica el agua de enfriamiento. Sin embargo, hay un tiempo significativo para que la retorta alcance la temperatura de procesamiento, o de retorta, lo que contribuye al efecto letal total; esto se conoce como el

“tiempo de levante” o CUT (Terajima, 2016; Simpson *et al.*, 2012; Berry, 1983; Succar & Kayakawa, 1982; Ikegami, 1974). El CUT describe el tiempo que tardó la retorta en alcanzar la temperatura requerida de 121°C para que fuera disminuyendo en la aplicación de vapor de agua a los 27, 20, 23 y 19 minutos para el langostino en medio de salmuera y envase de vidrio conforme se desea alcanzar el valor F requerido de 5 min, 2,52 min, 1 min y 0,5 min respectivamente. En el procesamiento de retorta, el tiempo que tarda una curva de penetración de calor en atravesar un ciclo logarítmico se denomina valor de índice de velocidad de calentamiento,  $f_h$ . El índice de velocidad de calentamiento ( $f_h$ ) para el calentamiento por convección, es un factor que depende de la temperatura del medio de calentamiento, así como de la superficie de condensación en términos de tamaño, y orientación de la superficie. Esto explica el valor  $f_h$  en el langostino en medio de salmuera envasado en vidrio procesado en retorta con vapor de agua como medio de calentamiento (Tabla 1).

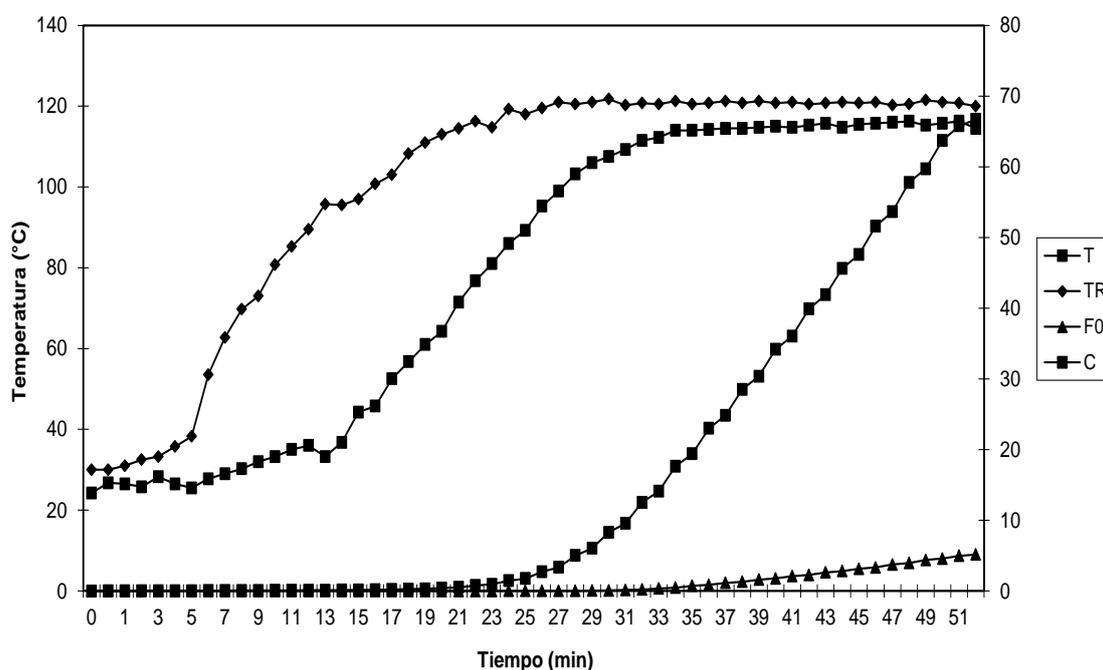


Figura 1. Atributos de penetración de calor (valor  $F_0$ , valor de cocción, temperatura de retorta y temperatura central) del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio basado en la temperatura (°C) y el tiempo (minutos). La temperatura interna al comienzo y al final del procesamiento = 24,25°C y 114,5°C, respectivamente. La temperatura de retorta al comienzo y al final del procesamiento = 30°C y 120°C, respectivamente. La letalidad ( $F_0$ ) 5,16 y el valor de cocción 66,70 se lograron a los 52 min.

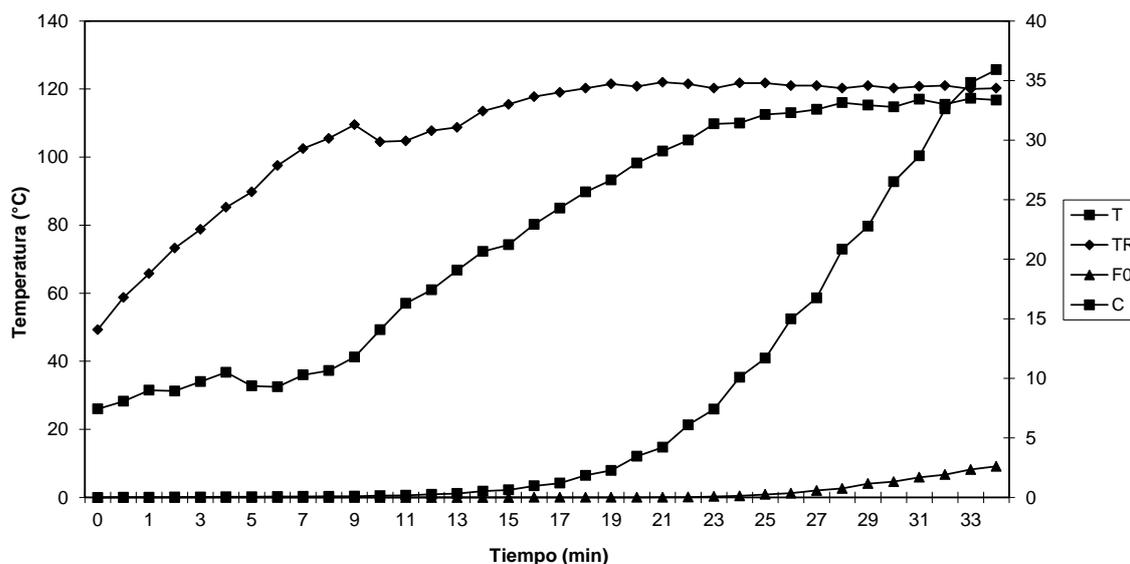


Figura 2. Atributos de penetración de calor (Valor  $F_0$  ( $F_0$ ), valor de cocción (C), temperatura de retorta (TR) y temperatura central (T)) del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio basado en la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el tiempo (minutos). La temperatura interna al comienzo y al final del procesamiento =  $26^{\circ}\text{C}$  y  $116,75^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. La temperatura de retorta al comienzo y al final del procesamiento =  $49,25^{\circ}\text{C}$  y  $120,25^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. La letalidad ( $F_0$ ) 2,61 y el valor de cocción 35,90 se lograron a los 34 min.

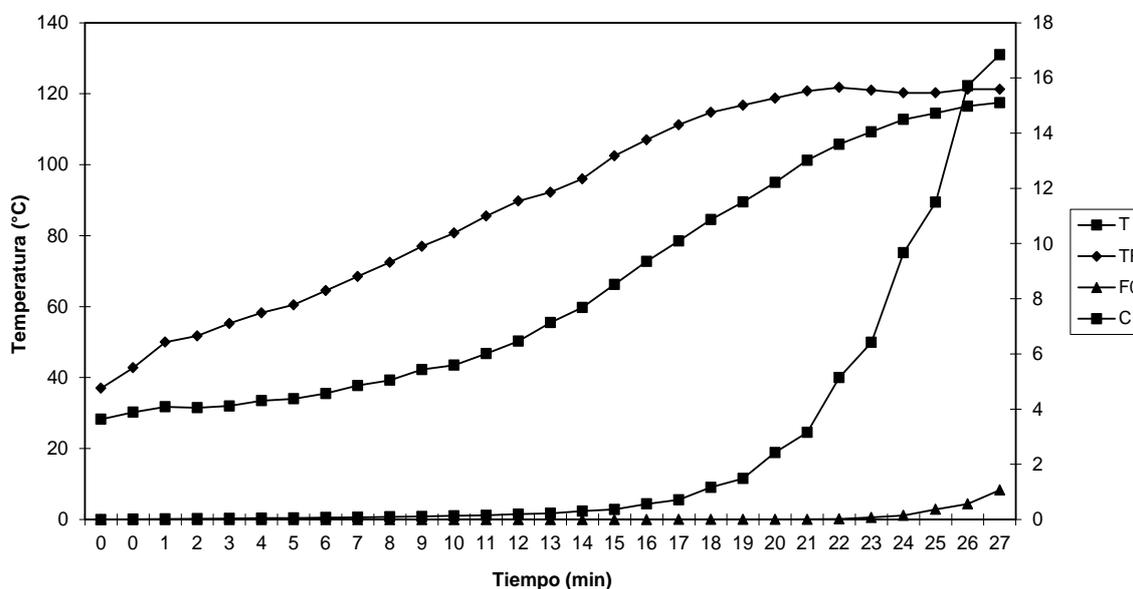


Figura 3. Atributos de penetración de calor (Valor  $F_0$  ( $F_0$ ), valor de cocción (C), temperatura de retorta (TR) y temperatura central (T)) del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio basado en la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el tiempo (minutos). La temperatura interna al comienzo y al final del procesamiento =  $28,25^{\circ}\text{C}$  y  $117,5^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. La temperatura de retorta al comienzo y al final del procesamiento =  $37^{\circ}\text{C}$  y  $121,25^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. La letalidad ( $F_0$ ) 1,06 y el valor de cocción 16,84 se lograron a los 27 min.

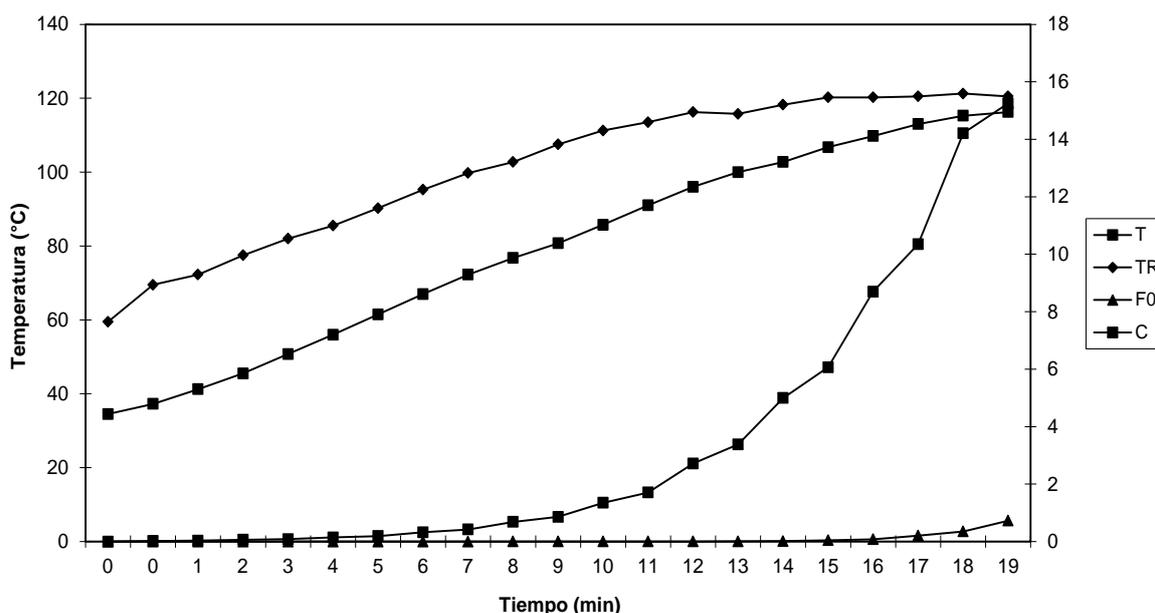


Figura 4. Gráfico que muestra los atributos de penetración de calor (Valor  $F_0$  ( $F_0$ ), valor de cocción (C), temperatura de retorta (TR) y temperatura central (T)) del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio basado en la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el tiempo (minutos). La temperatura interna al comienzo y al final del procesamiento =  $34,5^{\circ}\text{C}$  y  $116,25^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. La temperatura de retorta al comienzo y al final del procesamiento =  $59,5^{\circ}\text{C}$  y  $120,5^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. La letalidad ( $F_0$ ) 0,73 y el valor de cocción 15,25 se lograron a los 19 min.

En los alimentos procesados en latas, el factor de retraso o demora para el calentamiento ( $j_h$ ) está relacionado con el tiempo de retraso requerido para alcanzar valores de velocidad de calentamiento armonizados (Mohan *et al.*, 2015). El factor de retraso de calentamiento ( $j_h$ ) cercano o superior a 1,0, es una indicación de una penetración de calor más rápida y esto es evidente en las pruebas I y III  $j_h = 1,58$ , y  $j_h = 2,65$  respectivamente, II y IV con valores por debajo de 1  $j_h = 0,76$  y  $j_h = 0,66$  respectivamente. El factor de retraso de calentamiento ( $j_h$ ) en dos de los procesos fue superior a 1, y en dos debajo a 1. Se observaron valores superiores a 1 de  $j_h$  de 1,444 y 1,445 en camarón kuruma procesados en latas, y cercanos a 1,0 de 0,962 y 0,8735 para camarones kuruma procesadas en bolsa retortables, respectivamente (Mohan *et al.*, 2008). El valor de cocción (C) se refiere al valor que sugiere el impacto del procesamiento térmico en los alimentos con respecto a la degradación de nutrientes y debe ser lo más mínimo posible en cualquier letalidad dada (Majumdar *et al.*, 2016; Mohan *et al.*, 2015). En este estudio, se observó el C mínimo, en la aplicación de vapor de agua con 15,25 min, 16,84 min, 35,90 min y 66,70 min en los procesos que se aplica

valores  $F_0$  de 0,73 min, 1,06 min, 2,61 min y 5,16 min, respectivamente. Se observó que el tiempo total del proceso ( $T_P$ ) experimental para el langostino en salmuera en envase de vidrio, procesado en vapor de agua fue de 52 min, 34 min, 27 min y 19 min para alcanzar un valor  $F_0$  de proceso de 5,16 min, 2,61 min, 1,06 min y 0,73 min respectivamente. El menor tiempo de proceso observado de 10 min, se logró en la prueba que tuvo el menor valor  $F_0$  de proceso, lo que resultó en una velocidad de calentamiento más rápida (Mohan *et al.*, 2015). También se puede observar en la Tabla 1, que el método de Ball modificado predice bastante bien los tiempos de proceso total 57,92 min, 34 min, 27,64 min y 19,69 min, para procesos en los que el tiempo experimental fue de 52 min, 34 min, 27 min y 19 min, respectivamente.

## Conclusiones

Se establecieron los atributos de penetración de calor (el tiempo de alcance de la temperatura de retorta u autoclave, el valor de cocción, el tiempo de proceso total pronosticado con el método de Ball) en las conservas de langostinos en salmuera en vidrio logrando la esterilidad comercial de las mismas.

## Referencias

- Abakarov, A.; Nuñez, M. 2013. Thermal food processing optimization: Algorithms and software. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 428–442.
- Abe, H.; Koyama, K.; Kawamura, S.; Koseki, S. 2018. Stochastic evaluation of Salmonella enterica lethality during thermal inactivation. *International Journal of Food Microbiology*, 285, 129–135.
- Adepoju, M.A.; Omitoyin, B.O.; Mohan, C.O.; Zynudheen, A.A. 2016. Heat penetration attributes of milkfish (Chanos chanos) thermal processed in flexible pouches: a comparative study between steam application and water immersion. *Food Science & Nutrition*, 5(3), 521–524.
- Alexandre, E.M.C.; Brandão, T.R.S.; Silva, C.L.M. 2011. Modelling microbial load reduction in foods due to ozone impact. *Procedia Food Science*, 1, 836–841.
- Augusto, P.E.D.; Tribst, A.A.L.; Cristianini, M. 2014. Thermal processes|Commercial sterility (Retort). *Encyclopedia of Food Microbiology*, 567–576.
- Ball, C.O. 1923. Thermal process time for canned food. *Bulletin of the National Research Council*, Washington, DC, 7 Part 1, Number 37.

Ball, C.O. 1928. Mathematical solution of problems on thermal processing of canned food. Univ Calif Publ Public Health 1(2):145–245.

Barbosa-Canovas, G.V.; Ibarz, A. 2014. Introduction to food process engineering. CRC Press.

Berry, M.R. 1983. Prediction of come-up time correction factors for batch-type agitating and still retorts and the influence on thermal process calculations. Journal of Food Science, 48(4), 1293–1299.

Bignardi, C.; Cavazza, A.; Rinaldi, M.; Corradini, C.; Massini, R. 2013. Evaluation of thermal treatment markers in wheat flour-derived products cooked in conventional and in low-emissivity ovens. Food Chemistry, 140(4), 748–754.

Daryaei, H.; Balasubramaniam, V. M.; Yousef, A.E.; Legan, J.D.; Tay, A. 2016. Lethality enhancement of pressure-assisted thermal processing against *Bacillus amyloliquefaciens* spores in low-acid media using antimicrobial compounds. Food Control, 59, 234–242.

Datta, A.K. 1990. On the theoretical basis of the asymptotic semilogarithmic heat penetration curves used in food processing. Journal of Food Engineering, 12(3), 177–190.

Dilmaçunal, T.; Kuleaşan, H. 2018. Novel strategies for the reduction of microbial degradation of foods. Food Safety and Preservation, 481–520.

Dumitraşcu, L.; Stănciuc, N.; Stanciu, S.; Răpeanu, G. 2012. Thermal inactivation of lactoperoxidase in goat, sheep and bovine milk – A comparative kinetic and thermodynamic study. Journal of Food Engineering, 113(1), 47–52.

FDA. 2014. Guide to inspections of low acid canned food 5. Disponible en: <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-guides/guide-inspections-low-acid-canned-food-5-0>.

Gao, T.; Tian, Y.; Zhu, Z.; Sun, D.-W. 2020. Modelling, responses and applications of time-temperature indicators (TTIs) in monitoring fresh food quality. Trends in Food Science & Technology, 99, 311-322.

Glass, K.; Marshall, K. 2013. *Clostridium botulinum*. Foodborne Infections and Intoxications, 371–387.

Holdsworth, S.D.; Simpson, R. 2015a. Optimization of Thermal Food Processing. Thermal Processing of Packaged Foods, 383–414.

Holdsworth, S.D.; Simpson, R. 2015b. Formula methods and analytical techniques. Thermal Processing of Packaged Foods, 219–250.

Holdsworth, S.D.; Simpson, R. 2015c. Heat Penetration in packaged foods. thermal processing of packaged foods, 161–195.

Hong, Y.-K.; Huang, L.; Yoon, W. B.; Liu, F.; Tang, J. 2016. Mathematical modeling and Monte Carlo simulation of thermal inactivation of non-proteolytic *Clostridium botulinum* spores during continuous microwave-assisted pasteurization. *Journal of Food Engineering*, 190, 61–71.

IFT/FDA. 2000. Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies. *Journal of Food Science*, 65, s8.

Ikegami, Y. 1974. Effect of various factors in the come-up time on processing of canned foods with steam. Report of Toyo Institute of Food Technology (in Japanese), 11, 92–98.

Johnson, E.A. 2014. *Clostridium* | *Clostridium botulinum*. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 458–462.

Kyereme, M.; Swartzel, K.R.; Farkas, B.E. 1999. New line intersection procedure for the equivalent point method of thermal evaluation. *Journal of Food Science*, 64(4), 565–570.

Li, S.; Zhilyaev, S.; Gallagher, D.; Subbiah, J.; Dvorak, B. 2019. Sustainability of safe foods: Joint environmental, economic and microbial load reduction assessment of antimicrobial systems in U.S. beef processing. *Science of The Total Environment*, 691, 252–262.

Lindström, M.; Kiviniemi, K.; Korkeala, H. 2006. Hazard and control of group II (non-proteolytic) *Clostridium botulinum* in modern food processing. *International Journal of Food Microbiology*, 108(1), 92–104.

Ling, B.; Tang, J.; Kong, F.; Mitcham, E.J.; Wang, S. 2014. Kinetics of food quality changes during thermal processing: a Review. *Food and Bioprocess Technology*, 8(2), 343–358.

Liu, B.; Huang, Q.; Wang, P. 2020. Influence of surrounding gas temperature on thermocouple measurement. *Case Studies in Thermal Engineering*, 19, 100627.

Majumdar, R.K.; Roy, D.; Saha, A. 2016. Textural and sensory characteristics of retort-processed freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in curry medium. *International Journal of Food Properties*, 20(11), 2487–2498.

Membré, J.-M.; van Zuijlen, A. 2011. A probabilistic approach to determine thermal process setting parameters: Application for commercial sterility of products. *International Journal of Food Microbiology*, 144(3), 413–420.

Miranda-Zamora, W.R.; Sanchez-Chero, M.J.; Sanchez-Chero, J.A. 2020a. Software for the determination of the time and the *f* value in the thermal processing of packaged foods using the modified ball method. *Intelligent human systems integration 2020. Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2020): Integrating People and Intelligent Systems, February 19-21, 2020, Modena, Italy*, 498–502.

Miranda-Zamora, W.R.; Villarreyes, S.S.C.; Pavis, N.L.L.; Panca, C.M.A.; Morales, M.V.S. 2020b. A new mathematical solution for packaged food thermal processing. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020, 1216 AISC, 383–387

Mohan, C.O.; Ravishankar, C.N.; Srinivasa Gopal, T.K.; Bindu, J. 2008. Thermal processing of prawn “kuruma” in retortable pouches and aluminium cans. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(2), 200–207.

Mohan, C.O.; Remya, S.; Murthy, L.N.; Ravishankar, C.N.; Asok Kumar, K. 2015. Effect of filling medium on cooking time and quality of canned yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Food Control*, 50, 320–327.

Nunes, R.V.; Swartzel, K.R.; Ollis, D.F. 1993. Thermal evaluation of food processes: The role of a reference temperature. *Journal of Food Engineering*, 20(1), 1–15.

Ozilgen, M. 2011. *Handbook of food process modeling and statistical quality control: with extensive MATLAB applications*. CRC Press.

Rahman, M.S.; Guizani, N.; Al-Ruzeiki, M.H. 2004. D- and Z-values of microflora in tuna mince during moist- and dry-heating. *LWT - Food Science and Technology*, 37(1), 93–98.

Rifna, E.J.; Singh, S.K.; Chakraborty, S.; Dwivedi, M. 2019. Effect of thermal and non-thermal techniques for microbial safety in food powder: Recent advances. *Food Research International*, 126, 108654.

Silva, F.V.M.; Gibbs, P.A. 2010. Non-proteolytic *Clostridium botulinum* spores in low-acid cold-distributed foods and design of pasteurization processes. *Trends in Food Science & Technology*, 21(2), 95–105.

Simpson, R.; Almonacid, S.; Nuñez, H.; Urtubia, A.; Teixeira, A.A. 2012. Is there a need for the come-up time correction factor in Ball's formula method? A Critical Analysis. *Food Engineering Reviews*, 4(2), 107–113.

Stoforos, N.G. 1991. On Ball's formula method for thermal process calculations. *Journal of Food Process Engineering*, 13(4), 255–268.

Stoforos, N.G. 2010. Thermal process calculations through Ball's original formula method: a critical presentation of the method and simplification of its use through regression equations. *Food Engineering Reviews*, 2(1), 1–16.

Stoforos, N.G.; Noronha, J.; Hendrickx, M.; Tobback, P.; Hayakawa, K. 1997. A critical analysis of mathematical procedures for the evaluation and design of in-container thermal processes for foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37(5), 411–441.

Succar, J.; Kayakawa, K.-I. 1982. Prediction of time correction factor for come-up heating of packaged liquid food. *Journal of Food Science*, 47(2), 614–618.

Taylor, R.H.; Dunn, M.L.; Ogden, L.V.; Jefferies, L.K.; Eggett, D.L.; Steele, F. M. 2013. Conditions associated with *Clostridium sporogenes* growth as a surrogate for *Clostridium botulinum* in nonthermally processed canned butter. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 2754–2764.

Terajima, Y. 2016. Prediction of come-up time correction factor for heat processing of food in containers using Come-Up heating medium temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2), e12361.

Tola, Y.B.; Ramaswamy, H.S. 2018. Novel processing methods: updates on acidified vegetables thermal processing. *Current Opinion in Food Science*, 23, 64–69.

Tribuzi, G.; de Aragão, G.M.F.; Laurindo, J.B. 2015. Processing of chopped mussel meat in retort pouch. *Food Science and Technology*, 35(4), 612–619.

Tucker, G.S.; Featherstone, S.; Miranda-Zamora, W.R. 2020. *Fundamentos del procesamiento térmico de alimentos*. AMV Ediciones.

Wang, J.; Jayaprakasha, G.K.; Patil, B.S. 2019. Chemometric characterization of 30 commercial thermal and cold processed juices using UPLC-QTOF-HR-MS fingerprints. *LWT*, 114, 108322.

Yang, Y.; Achaerandio, I.; Pujolà, M. 2016. Effect of the intensity of cooking methods on the nutritional and physical properties of potato tubers. *Food Chemistry*, 197, 1301–1310.

Zhang, S.; Zhang, L.; Lan, R.; Zhou, X.; Kou, X.; Wang, S. 2018. Thermal inactivation of *Aspergillus flavus* in peanut kernels as influenced by temperature, water activity and heating rate. *Food Microbiology*, 76, 237–244.

## Simulation of thermal processes on the electrode of a miniature protective spark gap

Igor A. Murog \*  
Valery F. Gnido \*\*  
Elena V. Tinina \*\*\*  
Igor A. Ilchuk \*\*\*\*  
Tatiana A. Asayeva \*\*\*\*\*

### ABSTRACT

The article discusses the issues that arise when determining the temperature in the region of the cathode spot in miniature protective spark gaps. The modeling principle is used to study the temperature field on the spark gap electrode. A mathematical model of the process is compiled on the basis of the balance of power entering the cathode spot and its removal inside the cathode due to thermal conductivity. A numerical solution of the obtained nonlinear heat equation with inhomogeneous boundary conditions by the finite-difference method is presented. The authors compared the found temperatures in the cathode spot for metals of the fourth and fifth groups of the Mendeleev's Periodic Table with the corresponding melting points of the selected metals. A complete correlation was obtained between these temperatures. Simulation of thermal processes in the region of the cathode spot on the electrode made of 42NA-VI alloy has been carried out. The results are presented in the form of diagrams.

KEYWORDS: mathematical modeling, the electrode, electronic device (spark gap), thermal processes, thermal conductivity, cathode spot, metals, temperature, time, energy accumulation.

\*Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Ryazan Institute, Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University Russia, Ryazan. E-mail: alen-pal4@yandex.ru

\*\* Candidate of Technical Science, Assistant professor, Associate Professor, Department of Mechanics and Technology, Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University Russia, Ryazan

\*\*\* Candidate of Technical Science, Assistant professor, Associate Professor, Department of Informatics and Information Technology, Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University Russia, Ryazan.

\*\*\*\* Candidate of Technical Science, Assistant professor, Associate Professor, Department of Mechanics and Technology, Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University Russia, Ryazan.

\*\*\*\*\* Candidate of physical and mathematical Sciences, Assistant professor, head of the Department of Informatics and information technologies, Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, Russia, Ryazan.

## Simulación de procesos térmicos en el electrodo de una brecha de chispa protectora en miniatura

### RESUMEN

El artículo analiza los problemas que surgen al determinar la temperatura en la región del punto de cátodo en las brechas de chispa protectoras en miniatura. El principio de modelado se utiliza para estudiar el campo de temperatura en el electrodo de separación de chispas. Un modelo matemático del proceso se compila sobre la base del equilibrio de potencia que entra en el punto del cátodo y su eliminación dentro del cátodo debido a la conductividad térmica. Se presenta una solución numérica de la ecuación de calor no lineal obtenida con condiciones límite inhomogéneas por el método de diferencia finita. Los autores compararon las temperaturas encontradas en el punto cátodo para los metales de los grupos cuarto y quinto de la Tabla Periódica de Mendeleev con los correspondientes puntos de fusión de los metales seleccionados. Se obtuvo una correlación completa entre estas temperaturas. Se ha realizado la simulación de procesos térmicos en la región del punto cátodo en el electrodo de aleación 42NA-VI. Los resultados se presentan en forma de diagramas.

**PALABRAS CLAVE:** modelado matemático, el electrodo, dispositivo electrónico (brecha de chispas), procesos térmicos, conductividad térmica, punto de cátodo, metales, temperatura, tiempo, acumulación de energía.

### Introduction

Miniature uncontrolled spark gaps are widely used in equipment for railway transport and communications (Kiselev, 1988; Anisimov, Belsky, Kiselev and Yashkova, 2001). One of the parameters of the spark gap is the current amplitude in the pulse, which can be on the order of tens of kiloamperes or more, and the pulse duration of tens or more microseconds. The spark gap consists of a ceramic body, two electrodes made of 42NA-VI alloy, and a cathode with a certain emission composition applied to one of these electrodes. The cathode is connected to the electrode by soldering or applied to its surface by vacuum deposition. One of the regularities discovered during the development of spark gaps is that the parameters of the spark gap are significantly affected by the thermal regime of the cathode (Anisimov, and Kiselev, 1990; Anisimov and Kiselev, 1995). This is due to the fact that during the switching process a cathode spot is formed at the cathode of the spark gap: a small brightly luminous region on the cathode surface. The cathode spot has a high temperature, at which the necessary emission from the cathode occurs, which provides the

current through the spark gap for the successful protection of equipment against dangerous overvoltages.

Cathode spots appear on the electrodes in all powerful switches. The physical processes occurring in the cathode spot on the electrodes of powerful switches are considered in (Rakhovsky, 1970; Kesaev, 1972).

The physics of current switching in spark gaps does not have experimental data on the temperature in the region of the cathode spot. This is due to a number of reasons. The interelectrode distance in the spark gap is 2 ... 5 mm, the current is highly localized, heat is released in a very small volume. In this case, protective spark gaps operate in a single switching mode, the depth of penetration of the thermal field into the electrode during the switching time is less than the thickness of the electrode, therefore, the measurement of the temperature in the region of the cathode spot under such conditions is experimentally difficult.

To analyze the temperature field in the region of the cathode spot, numerical calculation methods can be used, with the help of which analyzes of many physical phenomena are already carried out (Deniskin and Nekrasova, 1982).

When solving problems of non-stationary thermal conductivity, which include the problem of temperature field distribution in the cathode spot region, the method of finite time intervals is widely used (Kalitkin, 1978). This method allows us to build a mathematical model of physical processes in the cathode spot, and modern computer technologies provide a successful solution of these types of problems by conducting temperature estimates in the region with a small volume.

The purpose of this paper is to present the practical application of the finite-difference method for modeling thermal processes occurring in a cathode spot on an electrode made of 42NA-VI alloy. The results obtained will contribute to the optimization of existing spark gaps, in which the main cathode is this alloy, as well as the development of new devices with cathodes made of other materials.

The authors simulated thermal processes in the cathode spot on the 42NA-VI alloy electrode in modes that are close in their parameters to the conditions that occur in the cathode spot on the cathode of the spark gap during switching.

## 1. Basic relations

A cathode spot is formed on the electrode under the action of a high-intensity heat flux. The temperature in the region of the cathode spot can reach the melting temperature of the electrode material and higher. Let us assume that the main process determining heat loss in the cathode spot is its removal into the electrode due to thermal conductivity.

To find the temperature field at the cathode, it is necessary to solve the nonlinear equation of heat conduction with inhomogeneous boundary conditions.

The scheme for calculating the thermal regime in the region of the cathode spot is shown in Figure 1.

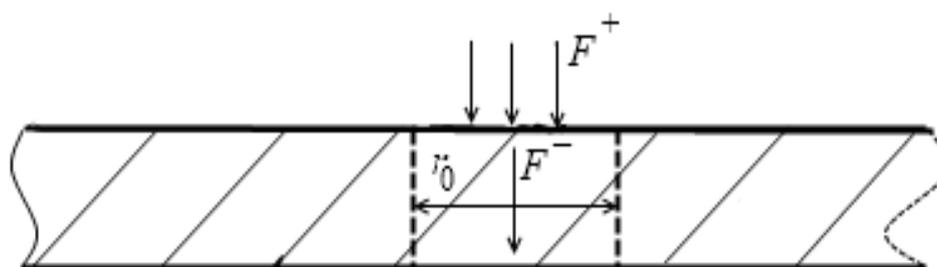


Figure 1. Scheme for calculating the thermal regime in the area of the cathode spot:  $F^+$  is falling heat flux;  $F^-$  is the heat flux that removes heat from the cathode spot into the cathode;  $r_0$  is the radius of the cathode spot

Let us assume that the conditions for the propagation of heat in the electrode have cylindrical symmetry; therefore, the initial expression describing the conditions for the propagation of heat through the thickness of the electrode for the unsteady mode can be written as follows

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

where  $T$  is the temperature at this point;

$r$  is the radius measured from the center of the cathode spot;

$z$  is coordinate in the direction perpendicular to the cathode plane;

$t$  is the time counted from the moment of the cathode spot formation.

Here  $a = \frac{\lambda}{c_T \rho}$  is the thermal diffusivity;  $\lambda$  is coefficient of thermal conductivity;  $c_T$  is

the heat capacity coefficient;  $\rho$  is the density of the substance.

To calculate the temperature field using the finite-difference method, equation (1) can be represented in the form [8].

$$T_{i,j,k} = a(T_{i,j,k})\Delta t \left( \frac{1}{jh} \frac{T_{i,j+1,k} - T_{i,j,k}}{h} + \frac{T_{i,j-1,k} - 2T_{i,j,k} + T_{i,j-1,k}}{h^2} + \frac{T_{i,j,k+1} - 2T_{i,j,k} + T_{i,j,k-1}}{h^2} \right) + T_{i,j,k} \quad (2)$$

Here  $t$  is time,  $j$  is the temperature distribution along the radius,  $k$  is the temperature distribution along the electrode depth. To calculate temperatures by expression (2), a program has been developed. Variables that determine the state of the parameters of the mathematical model were introduced into the program: the number of iterations that determine the duration of the modeling process, the power of the heat flux released in the cathode spot, the radius of the cathode spot, the initial temperature, the values of the heat capacity coefficients  $c_T$ , the density of the cathode material  $\rho$ , and the thermal conductivity  $\lambda$ .

## 2. Simulation results and their discussion

First, let us estimate the temperature of the cathode spot on electrodes made of different metals. The thermophysical properties of the electrode material depend on temperature. First of all, this concerns the coefficient of thermal conductivity: with an increase in temperature, its value decreases.

The thermal conductivity coefficient for most metals decreases in the first approximation according to a linear law when the temperature changes from 0 °C to the melting point. In the range of several hundred degrees, changes in the thermal conductivity are of the order of 10%. Therefore, the maximum temperature in the cathode spot during the simulation will be set to no more than 400 °C.

Table 1 shows the metals of the fourth and fifth groups of the Mendeleev's Periodic Table, for which the temperature of the cathode spot was estimated. Simulation parameters: the duration of the heat flow is 500  $\mu$ s, the power of the heat flow is 1200 W. The third column of Table 1 shows the values of the melting temperatures of these metals. It was found that the values of the cathode spot temperature decrease monotonically with an increase in the ordinal number of metals. The metals are arranged in the same sequence according to the melting point.

This pattern is determined by the peculiarities of the formation of the heat-conducting properties of metals.

Table 1. Comparison of cathode spot temperatures and melting temperatures for different materials

Material	Cathode spot temperature, °C	Melting temperature, °C
Iron	370	1535
Cobalt	355	1490
Nickel	335	1445
Copper	315	1083
Silver	290	960

As is known (Kalitkin, 1978) heat transfer in metals is carried out by electron  $\lambda_e$  and phonon  $\lambda_\phi$  thermal conductivity. With electronic thermal conductivity, energy transfer is carried out by conduction electrons, with phonon thermal conductivity - by lattice vibrations. In accordance with the quantum model of a solid for pure metals, the ratio of electronic and phonon thermal conductivity is about 100. Therefore, in most cases, it can be assumed that heat transfer for metals is due to the electronic component of thermal conductivity.

The electronic thermal conductivity is determined (Worth and Thomson, 1966).

$$\lambda_e = - \frac{\kappa^2 T n v_f l}{E_f}. \quad (3)$$

Here:  $n$  is the number of free electrons in a unit volume;  $\kappa$  is Boltzmann's constant;  $l$  is the average free path;  $T$  is the temperature;  $E_f$  is the Fermi energy;  $v_f$  is the speed of electrons with Fermi energy.

As follows from equation (3), the electronic component of thermal conductivity is proportional to the number of free electrons - conduction electrons. At the same time, the number of conduction electrons is determined by the position of the atom in the Mendeleev's Periodic Table. A gradual increase in conduction electrons from iron to copper

and silver leads to an increase in the  $\lambda_e$  coefficient and, accordingly, to a decrease in the temperature on the surface of the cathode spot.

The obtained connection between the temperatures testifies to the correctness of the constructed model and the possibility of its use for studying thermal processes at the electrodes of spark gaps made of different metals, including alloys.

Let us consider the kinetics of the temperature field on an electrode made of 42NA-VI alloy, which, as already mentioned earlier, is widely used in protective miniature spark gaps. The values of the parameters used in the simulation are shown in Table 2.

Table 2. Values of parameters used in modeling

Parameter	Designation	Dimension	42NA-VI
Thermal conductivity	$\lambda$	cal/(cm·s·K)	0,11
Density	$\rho$	cal/(cm·s·K)	8,2
Heat capacity	$c$	cal/(cm·s·K)	0,5
Melting temperature	$T$	$^{\circ}\text{C}$	1723
		K	1996

The dimensions of the electrode corresponded to the real geometry of the miniature protective spark gap. The electrode surface, which limits the working area of the device, has a diameter of 6 mm, and the electrode thickness is 1.5 mm. We assume that a cathode spot is formed on the electrode under the action of a power pulse.

The diagram of the distribution of the temperature field in the region of the cathode spot is shown in Figure 2. “n” along the axes in the figures is the number of steps in the program array. One step in “n” is 33  $\mu\text{m}$ . The calculated field in the program is 30n by 70n.

The simulation was carried out under the following conditions: the pulse duration was 500  $\mu\text{s}$ , the pulse power was 180 W. Figure 2 shows the temperature field displayed after 100  $\mu\text{s}$  from the moment of the pulse application. Similar diagrams were obtained after 300 and 500  $\mu\text{s}$ , respectively. Since the heat flux removed due to thermal conductivity

inside the cathode is less than the flux entering the cathode spot, there is a rise in temperature in the region of the cathode spot. During the simulation, it was found that the temperature of the cathode spot during a time of 100  $\mu\text{s}$  changes from room temperature of 293 K to a value of about 520 K. At subsequent moments of time, it rises to 630 K after 300  $\mu\text{s}$  and to 680 K after 500  $\mu\text{s}$ , respectively.

The temperature rise, in comparison with the boundaries of the computational domain, at the selected times are also different. Heat entering the cathode spot, due to thermal conductivity, is removed inside the electrode, gradually increasing its temperature. If the excess of 293 K at the boundary of the computational domain relative to room temperature is practically absent at a time instant of 100  $\mu\text{s}$ , then after 300  $\mu\text{s}$  the excess is about 80 K, and after 500  $\mu\text{s}$  it reaches 150 K.

The temperature field inside the electrode is a concentric semicircle. With distance from the surface of the cathode spot, the temperature gradually decreases; therefore, the isotherms are semicircles with an increasing radius. The temperature over the surface of the cathode spot will be variable. The largest value is observed in the center of the cathode spot: the isotherm radius is minimal.

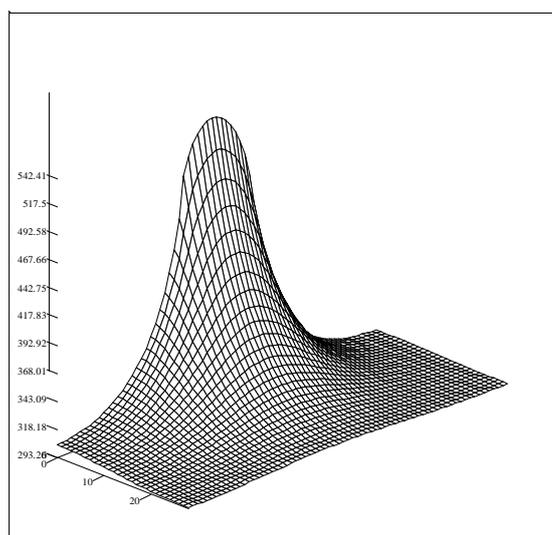


Figure 2. The temperature field under the influence of a heat flux with a duration of 500  $\mu\text{s}$  and a power of 180 W at a time of 100  $\mu\text{s}$

The temperature fields were calculated for various modes. The main condition in the simulation was chosen so that at a given power supplied to the cathode, phase changes in the cathode material did not occur. The simulation results for a pulse power of  $P=3300$  W with different pulse durations are shown in Figure 3.

The data were obtained: Figure 3, a - the duration of the heat flux 244 ns, Figure 3, b - 4.2  $\mu$ s. An increase in the pulse power to 3300 W causes a sharp rise in temperature in the region of the cathode spot.

With a pulse duration of 244 ns, the temperature reaches 900 K, and with a duration of 4.2  $\mu$ s, it is already close to the melting temperature. At the same time, the depth of heat propagation inside the electrode during the pulse action significantly decreases, which follows from a comparison of the results presented in Figures 2 and 3. The excess of the temperature of the cathode spot in relation to the "cold" part of the electrode is about 1426 K (Figure 3, b).

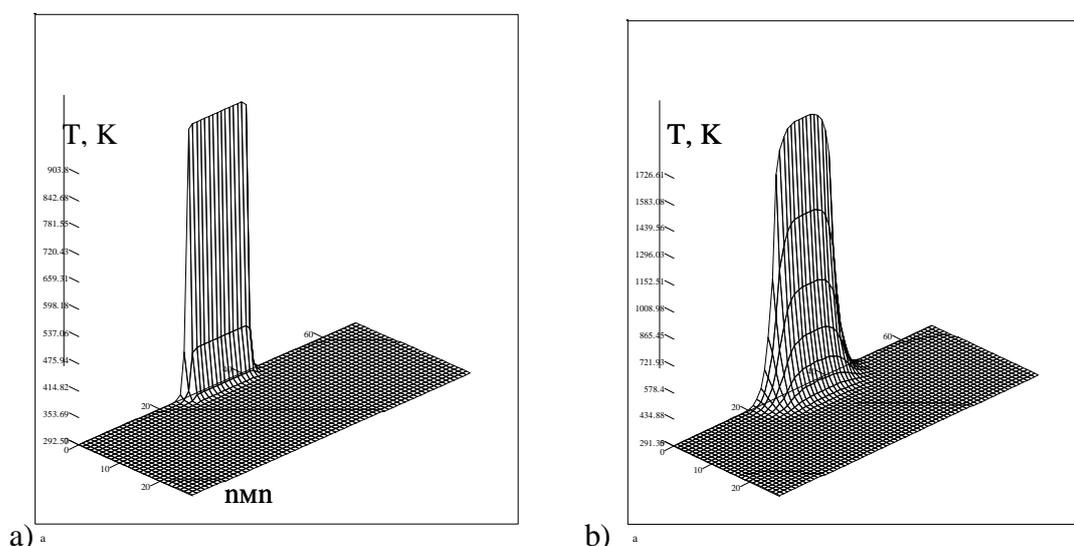


Figure 3. Temperature fields in the cathode spot region at a pulse power  $P=3300$  W and for different pulse durations: a) 244 ns; b) 4.2  $\mu$ s

The temperature fields for different points in time during the cooling process are shown in Figure 4. The simulation results correspond to the case with a pulse duration of 4.2  $\mu$ s. Since a small amount of heat accumulates in the cathode spot during the pulse duration, cooling occurs almost instantaneously. During 8  $\mu$ s, the temperature of the

cathode spot decreases almost twice and is about 770 K (Figure 4, a). Subsequently, the cooling rate slows down. After 31  $\mu$ s, counted from the moment the pulse is removed, the surface of the cathode spot is cooled to a temperature of about 450 K (Figure 4, b). At subsequent moments in time, due to the process of thermal conductivity, the heat further spreads in the electrode material, increasing the temperature in it within the calculated region (Figure 4, c). The limiting distribution of the calculated temperature field (at the moment of time 100  $\mu$ s) is shown in Figure 4, d. The temperature at the boundary of the computational domain is about 315 K.

Therefore, with an increase in the heat flux power, the arising high-temperature field in the region of the cathode spot will penetrate less and less deep into the electrode, being within a few micrometers on the electrode surface. This shows that the thickness of the cathodes, which are deposited on the electrode, can be several micrometers. The practice of developing cathodes for miniature protective spark gaps confirms the found patterns.

It is known that in real designs of protective miniature spark gaps, materials with a high emissivity are applied to the 42NA-VI alloy electrode (Anisimov, 1966; Kiselev, Gnido, Anisimov and Tinina, 2001). Cathodes made of these materials have a low work function, which ensures a low arc maintenance voltage in the device during switching, and, accordingly, reduces the power released on the electrode as a whole. In this case, the thickness of the cathodes is a few micrometers. This, as studies have shown, was sufficient to stabilize the parameters during operation (Kiselev, Gnido, Anisimov and Tinina, 2001). The erosion zone at the cathode is within 1 ... 1.5 microns. These values correspond in order of magnitude to the dimensions of the high-temperature field obtained on the 42NA-VI electrode during simulation.

## Conclusion

Modeling the temperature field on electrodes made of metals of the fourth and fifth groups of the Mendeleev's Periodic Table showed a complete correlation in the temperature of the cathode spot and the melting temperature of metals. The results show that with an increase in the serial number of the element, the temperature of the cathode spot decreases: from iron to copper and silver.

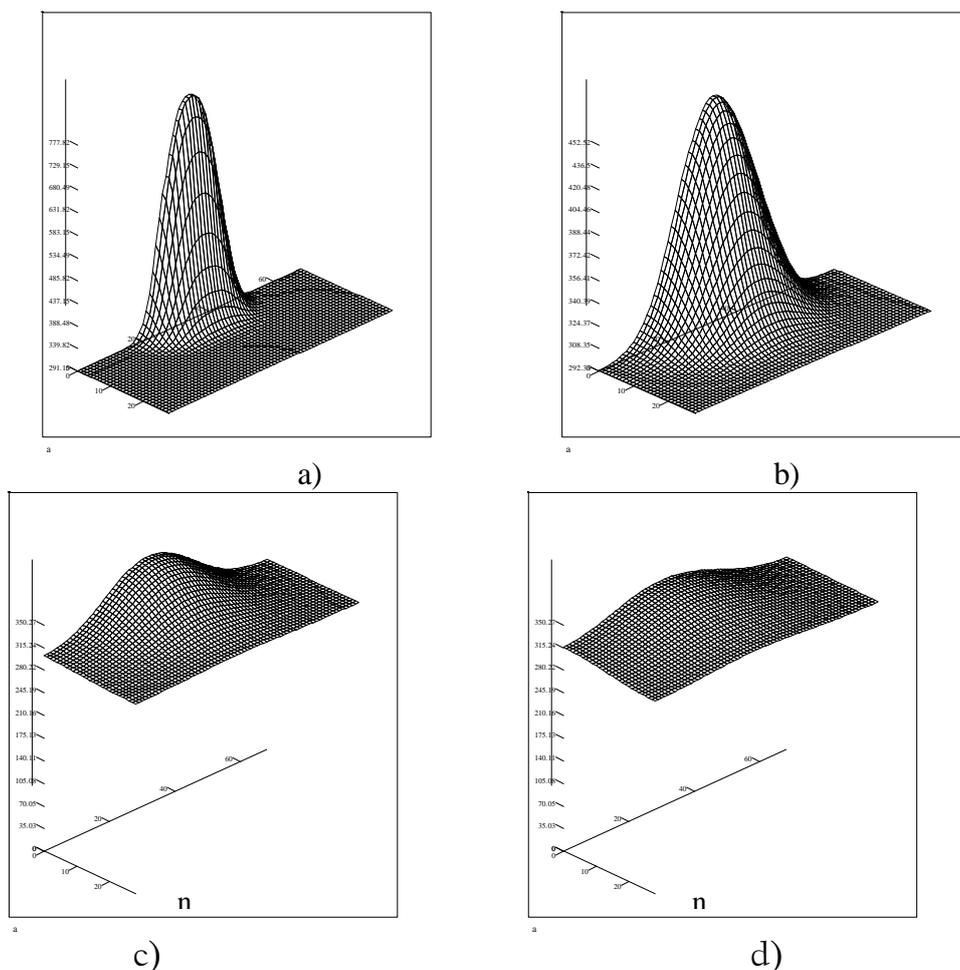


Figure 4. Fields of cathode temperatures during cooling at different times: a) 8  $\mu$ s; b) 31  $\mu$ s c) 60  $\mu$ s d) 100  $\mu$ s

Numerical modeling of the kinetics of the temperature field on the electrode made of 42NA-VI alloy made it possible to establish:

1. Under conditions of powerful heat flux, the temperature of the cathode spot can reach the melting temperature.
2. The time of energy accumulation in the region of the cathode spot, when its surface reaches the melting temperature, is microseconds.
3. The thickness of the high-temperature field in the region of the cathode spot during the time of the heat flux can be micrometers.

It is shown that with the help of modeling, taking into account heat losses in the cathode spot only due to thermal conductivity, results can be obtained that sufficiently fully determine the thermal regime in the cathode spot, when in the studied range of heat flow power, material erosion will practically not occur or will be minimal.

In order to further study the process of erosion of the cathode material in spark gaps, it is necessary to further study and model the temperature field, taking into account the heat losses due to evaporation and melting, which can actually be observed in the cathode spot of the spark gap.

## References

- Anisimov V.F. (1996). Thin-film cathodes for high-current hydraulic fracturing. All-Russian Symposium on Emission Electronics. Ryazan, p. 116.
- Anisimov V.F., Belsky D.P. Kiselev Yu.V. and Yashkova V.M. (2001). Uncontrolled gas-filled arresters and prospects for their development. Electronics. Interuniversity collection. Ryazan: RGRТА, pp. 28-32.
- Anisimov V.F., Kiselev Yu.V. (1990). Processes on the cathodes of uncontrolled gas-filled spark gaps at high current loads. XXI All-Union Conference on Emission Electronics. Vol. 1. Leningrad, p. 57.
- Anisimov V.F., Kiselev Yu.V. (1995). Investigation of erosion processes on hydraulic fracturing electrodes. Vacuum and Plasma Electronics. Interuniversity collection of scientific papers. Ryazan, 73 p.
- Deniskin Yu.D., Nekrasova I.F. (1982). Application of the modeling method for solving problems of thermal conductivity in electronic devices. Moscow: Mir, 84 p.
- Kalitkin N.N. (1978). Numerical methods. Science, 512 p.
- Kesaev I.G. (1972). Cathodic processes of an electric arc. Moscow: Atomizdat, p. 304.
- Kiselev Yu.V. (1988). Prospects for the development of spark gaps to protect equipment and communication lines from hazardous overvoltages. Interuniversity subject collection of scientific papers. Omsk: Omsk Institute of Railway Engineers, p. 14-19.
- Kiselev Yu.V., Gnido V.F., Anisimov V.F., Tinina E.V. (2001). Development and research of materials for cathodes of protective spark gaps. Ryazan, Vestnik RGRТА, no. 9, p. 118-121.
- Rakhovsky V.I. (1970). Physical foundations of electric current commutation in vacuum. Moscow: Nauka, p. 536.
- Worth Ch., Thomson R. (1966). Solid State Physics. Translated from English edited by S.V. Tyablikova. Moscow: Mir, 567 p.

## Calidad físicoquímica y microbiológica del agua en los lagos de Tunants y Yahuahua, en la región Amazonas, Perú

Eli Morales Rojas\*  
Edwin Adolfo Díaz Ortiz\*\*  
Ligia García \*\*\*  
Jaris Veneros Guevara\*\*\*\*  
Segundo Chavez Quintana\*\*\*\*\*  
Cesar Augusto Medina Tafur\*\*\*\*\*

### RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar el agua de los lagos de las comunidades nativas, Tunants y Yahuahua. Con la finalidad de conservar el ambiente acuático para su potencial uso ecoturístico. Estos están localizados en la provincia de Condorcanqui, Amazonas, Perú. Se establecieron dos puntos de muestreo, uno por cada lago, las evaluaciones se realizaron en la temporada lluviosa. Se evaluaron parámetros físicoquímicos y microbiológicos. Los principales resultados expresan un pH de 7 para ambos lagos. Con respecto a la DBO<sub>5</sub>, en el lago de Tunants la mediana se encontró en 1.8 mg/L de O<sub>2</sub> y el lago de Yahuahua la mediana se encuentra entre 1.45 mg/L de O<sub>2</sub>. Éstos se correlacionan fuertemente de forma negativa con los sulfatos. Con respecto a los metales pesados la mayor concentración fue el Zinc 0.0375 ppm correspondiente al lago de Yahuahua. El análisis microbiológico mostró una concentración de coliformes totales (CT) >1600 NMP/100mL.

**PALABRAS CLAVE:** Caracterización del agua, lagos, comunidades nativas, Amazonas.

\*Investigador del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8623-3192>. E-mail: [eli.morales@untrm.edu.pe](mailto:eli.morales@untrm.edu.pe)

\*\*Investigador de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7213-9552>. E-mail: [edwin.diaz@untrm.edu.pe](mailto:edwin.diaz@untrm.edu.pe)

\*\*\*Investigadora del Instituto de Investigación, Innovación y Desarrollo para el Sector Agrario y Agroindustrial de la Región Amazonas (IIDAA), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7508-7516>. E-mail: [ligia.garcia@untrm.edu.pe](mailto:ligia.garcia@untrm.edu.pe)

\*\*\*\*Investigador de la Universidad Estatal de Montana, Departamento de Ecología. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6981-4078>. E-mail: [jaris.veneros@untrm.edu.pe](mailto:jaris.veneros@untrm.edu.pe)

\*\*\*\*\*Investigador del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0946-3445>. E-mail: [segundo.quintana@untrm.edu.pe](mailto:segundo.quintana@untrm.edu.pe)

\*\*\*\*\*Investigador del Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3506-849X>. E-mail: [cemeta@hotmail.com](mailto:cemeta@hotmail.com)

Recibido: 12/09/2020

Aceptado: 08/11/2020

## Physical-chemical and microbiological water quality in two lakes of Tunants and Yahuahua, in the Amazon region, Peru

### ABSTRACT

The objective of this research was to characterize the water of the lakes of the native communities, Tunants and Yahuahua. With the aim of conserving the aquatic environment for potential ecotourism use. These are located in the province of Condorcanqui, Amazonas, Peru. Two sampling points were established, one for each lake, and the assessments were carried out during the rainy season. Physical-chemical and microbiological parameters were evaluated. The main results express a pH of 7 for both lakes. With regard to BOD<sub>5</sub>, in Lake Tunants the median was found to be 1.8 mg/L of O<sub>2</sub> and in Lake Yahuahua the median is between 1.45 mg/L of O<sub>2</sub>. These are strongly correlated negatively with the sulphates. With respect to heavy metals, the highest concentration was Zinc 0.0375 ppm, corresponding to Lake Yahuahua. The microbiological analysis showed a concentration of total coliforms (TC) >1600 NMP/100mL

KEYWORDS: Water quality, Lakes, Communities, Amazon.

### Introducción

Del total del agua en el planeta, sólo el 3 % es agua dulce, que se encuentra en forma de casquetes de hielo y glaciares; y sólo el 1 % es agua superficial aprovechable (Agudelo, 2005). El agua es un componente importante en la naturaleza por considerarse fuente principal de la vida y la salud. Sin embargo, está siendo alterada por factores antrópicos que suelen ser los principales factores que afectan a la mayoría de los cuerpos de agua, sobre todo para los cercanos a zonas urbanizadas (Kazi et al. 2009; Wen-Cheng et al. 2011). El rápido crecimiento poblacional conjuntamente con las actividades urbanas, agrícolas, pecuarias, forestales, además de las condiciones físicas y químicas del suelo han resultado ser los causantes del deterioro de la calidad del agua (Álvarez, 2008).

Los cuerpos acuáticos naturales y artificiales son sensibles a recibir aguas contaminadas lo que ocasiona impactos negativos en la calidad del agua y la pérdida de diversidad biótica nativa (Luna-Pabello & Aburto-Casta, 2014; Fernández et al, 2017). Las actividades de mineras de exploración y extracción informal, realizada en forma artesanal generan impacto al medio

ambiente, evidenciándose concentraciones de mercurio en aguas, sedimentos y peces del río, el riesgo es muy alto para la vida y la salud humana de las zonas amazónicas (Rengifo, 2017).

La calidad de agua está definida por las características físicoquímicas y microbiológicas (OMS, 2006; DS N° 004, 2017). Ésta se determina comparando las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua con estándares o normativas. Para ello, se mide la concentración de sus componentes y los efectos o propiedades, causadas por la presencia de sustancias químicas inorgánicas que pueden ser nocivas para los seres vivos (PNUMA, 2008).

Entre los indicadores físicoquímicos están los parámetros de turbidez, pH, la conductividad eléctrica y en cuanto a los indicadores de contaminación orgánica están la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, entre otros (León, 2006). Los indicadores de calidad microbiológica del agua están influenciados por la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal como las bacterias coliformes, aunque también pueden encontrarse otros microorganismos patógenos para el humano como *Salmonella* sp. y *Shigella* sp., además de virus, bacterias, protozoos y fases enquistadas de metazoarios (Harwood et al., 2005). Siendo las bacterias indicadoras de contaminación fecal más utilizadas son las coliformes totales y termotolerantes. Una enterobacteria de gran importancia es *E. coli*, ya que su abundancia se ha asociado más al riesgo sanitario en comparación con el resto de los coliformes (Farnleitner et al., 2010).

Los datos físicoquímicos permiten analizar las causas del problema, pero exigen una frecuencia de muestreo apropiada, pues indican una condición puntual del agua (Ruiz, 2007). Además, está el grupo de índices biológicos de calidad del agua, en los cuales se registra la abundancia y la diversidad de ciertos organismos, especialmente macro invertebrados bentónicos (Madera, 2016). Éstos permiten, a partir de su tolerancia particular a la contaminación, estimar el efecto acumulado de las intervenciones humanas en el ambiente a lo largo del tiempo (Pérez & Rodríguez, 2008). En ese sentido, se debe contrastar la presencia de contaminantes evaluando variables físicoquímicas, que permitan definir las condiciones del agua (Pinilla, 2000; Dolbeth et al., 2003). Por lo tanto, en áreas con crecimiento poblacional en la región y los problemas de la disponibilidad y la contaminación del agua justifican estudios de caracterización del agua (Gamarra, et al 2018).

En este trabajo el objetivo fue evaluar la calidad físicoquímica y microbiológica del agua de los lagos de Tunants y Yahuahua, en dos comunidades de la región Amazonas con los mismos nombres. Actualmente se hace un uso intensivo del agua en ambos lagos, para actividades como la piscicultura y uso doméstico, por lo que la caracterización permitirá por primera vez registrar una data base que permita en lo posterior, establecer estrategias de conservación del ambiente acuático para su potencial uso ecoturístico. Los muestreos se realizaron en los meses diciembre 2019, enero y febrero del 2020.

### 1. Materiales y métodos

El estudio se realizó en los dos principales lagos de las comunidades de Tunants y Yahuahua, pertenecientes al distrito de Nieva, Provincia de Condorcanqui, región Amazonas, Perú. Los Lagos están a una altitud de 2016 m.s.n.m. Así mismo el lago de Tunants (Punto de color rojo) presenta las siguientes coordenadas como referencia espacial: latitud  $-4.682519$  y longitud  $-78.0220525$ . De otra manera el lago de Yahuahua (Punto de color verde) posee la siguiente información espacial, latitud  $-4.678173$ , longitud  $-78.015090$ . Finalmente, estas georreferencias fueron tomadas empleando el GPS GARMIN eTrex 30. A continuación se muestra el mapa de ubicación para los dos lagos (Figura 1).

Ambos lagos están ubicados al borde de la carretera Urakusa-Nieva y a una distancia de 100 metros de las viviendas comunales. Estos son empleados con fines recreacionales y pesca. Los muestreos para los parámetros físicoquímicos se realizaron una vez al mes, desde diciembre del 2019 hasta febrero del 2020. Seguidamente, se estableció un punto de muestreo por cada lago. La recolección, almacenamiento y traslado de las muestras, así como el análisis de laboratorio se realizaron de acuerdo al APHA, AWWA, & WEF (2017). Se realizó la toma de datos para el pH de manera in situ, con un medidor de agua multiparamétrico Hanna modelo HI 98194. Las muestras de demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), conductividad eléctrica (Ce), turbidez, sólidos disueltos totales (SDT), sólidos suspendidos totales (SST), alcalinidad, dureza, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos, se procesaron en laboratorio.

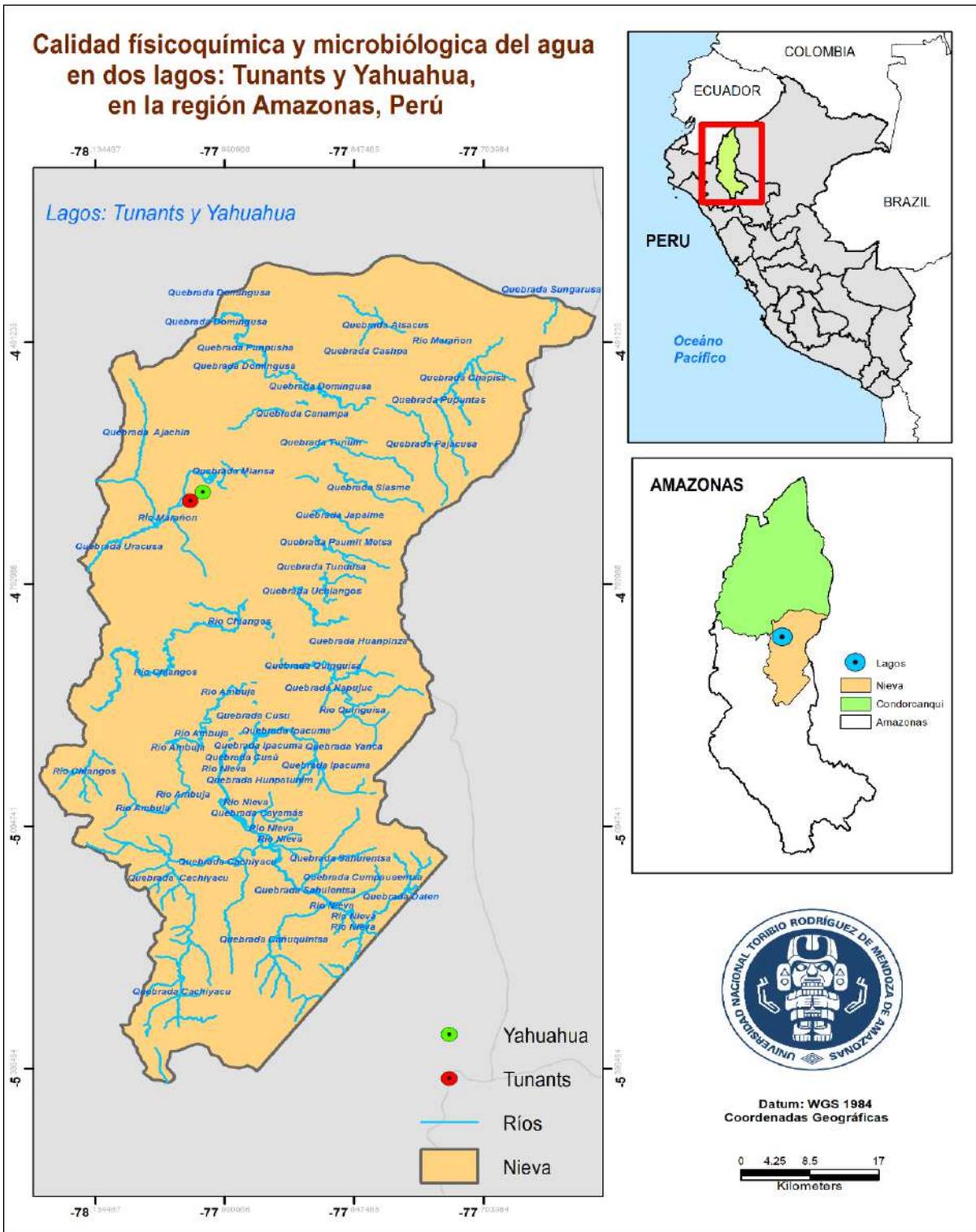


Figura 1. Mapa de ubicación para los lagos Tunants (Lago Número 1) y Yahuahua (Lago Número 2)

Los parámetros de metales pesados (aluminio, cobre, zinc), se tomaron las muestras dos veces, durante el mes de enero y febrero del 2020. La toma de muestras para el análisis microbiológico, se realizó una vez en el mes de febrero y se midieron los parámetros de coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (EC), las muestras se recolectaron en frascos de vidrio con capacidad de ½ litro, previamente lavados, enjuagados y esterilizados (Rivera-Jacinto, 2009). Éstos fueron transportados en un cooler con hielo seco a una temperatura de 5°C. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Aguas y Suelos del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Todos los parámetros fueron comparados con la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, de los estándares de calidad del agua. Del decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

### 1.1. Análisis de datos

El análisis de datos se realizó mediante un análisis gráfico de cajas y bigotes de cada parámetro por punto de muestreo, para mostrar el comportamiento de los parámetros en cada lago y la correlación de los mismos. Todos los análisis estadísticos se realizaron a un nivel de significancia de  $p < 0.05$  con el programa estadístico R v. 3.6.3 (R Core Team, 2020).

## 2. Resultados

### 2.1. Caracterización de los parámetros físicoquímicos en los lagos

Los valores para los parámetros de potencial hidrógeno (pH), turbiedad, conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT), para los lagos de Tunants y Yahuahua, se presentan en las Figuras 2, 3 y Tabla 1. Respecto al pH, para el lago de Tunants, la mediana reportó un valor de 7.10 (CV=2.28%). Mientras que para el lago de Yahuahua el pH=7 corresponde a la mediana (CV=17.93%). De igual manera, la mediana para la turbidez en ambos lagos es de 7 UNT (CV= 49.16% en lago Tunants y CV= 39.93 % en el lago Yahuahua). El lago de Tunants presentó una conductividad eléctrica con un valor de la mediana de 60  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  (CV=14.91%), y para el lago Yahuahua la mediana para CE está en 54.8  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  (CV= 17.64%). Para los sólidos disueltos totales (SDT), en el lago de Tunants se encontró una mediana de 30.5 mg/L (CV= 37.77 %) y para el lago de Yahuahua la mediana está en 20.6 mg/L (CV= 25. 98 %).

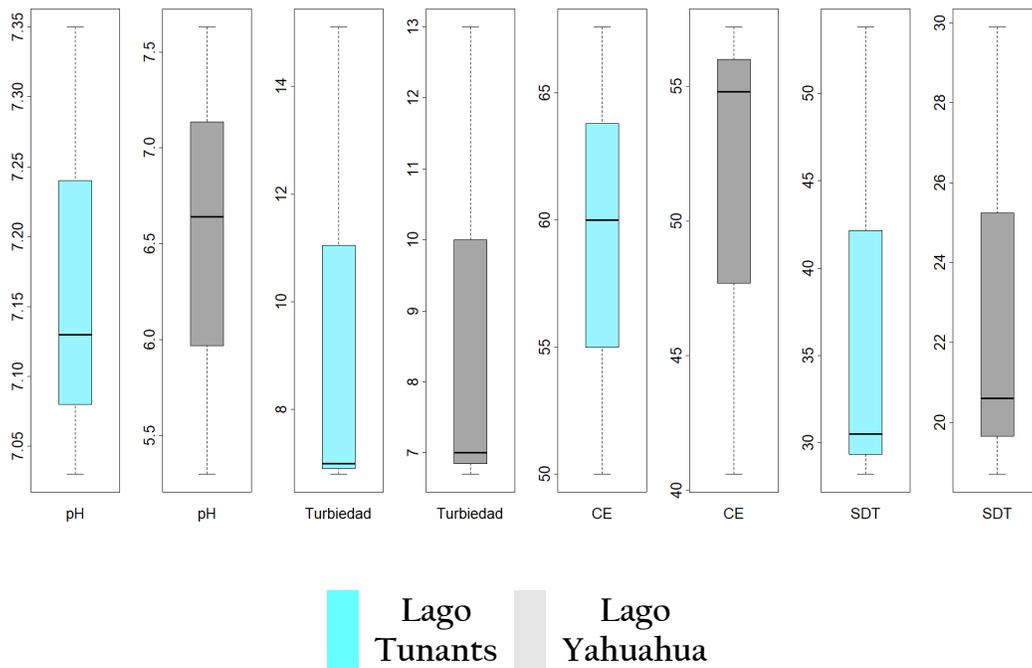


Figura 2. Valores de las medianas de los parámetros pH, turbiedad, Conductividad eléctrica y Solidos totales disueltos, en los dos lagos.

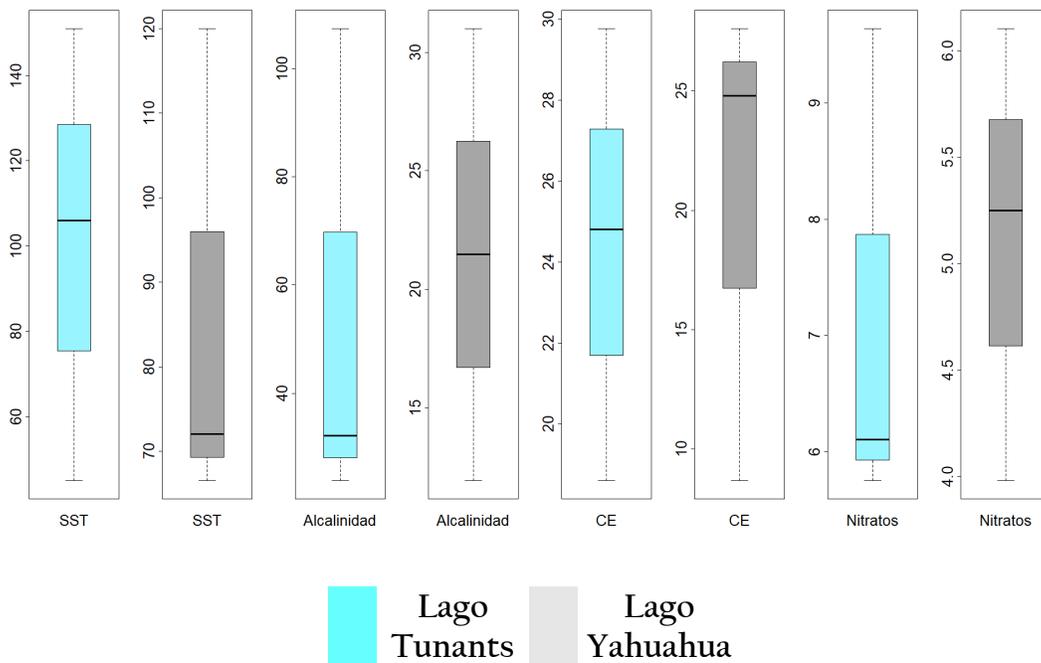


Figura 3. Valores de las medianas de los parámetros SST, Alcalinidad, Dureza, Nitratos, en los dos lagos.

En la figura 3 encontramos valores de las medianas para los parámetros físicoquímicos en los lagos de Tunants y Yahuahua. Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) para el lago de Tunants arroja una mediana de 106 mg/L (CV= 52.85), mientras que el lago Yahuahua la mediana arrojó un valor de 72 mg/L (CV= 34.15). Con respecto a la alcalinidad para el lago de Tunants, la mediana se encuentra en 32.22 ppm  $\text{CaCO}_3$  (CV= 84.45%) y para el lago Yahuahua la mediana está en 21.48  $\text{CaCO}_3$  (CV= 44.44%). La dureza para el lago de Tunants, la mediana se encuentra en 24.48 mg/L (CV= 22.93%), mientras que para el lago Yahuahua la dureza se encuentra en 24.48 mg/L (CV= 50.16%). Para los nitratos en lago de Tunants, la mediana se encuentra en 6.10 ppm  $\text{NO}_3$  (CV= 30.02%), y para el lago de Yahuahua la mediana está en 5.25 ppm  $\text{NO}_3$  (CV= 20.86%).

Con respecto a los resultados de los análisis microbiológicos para el lago de Tunants resultó tener mayor concentración de CT, >1600 NMP/100mL, mientras que para el lago Yahuahua tuvo 920 NMP/100mL, de CT. Para los CF el lago Tunants arrojó 350 NMP/100mL, y para el lago de Yahuahua tuvo 920 NMP/100mL. Con respecto a *E. Coli* el lago de Tunants arrojó un valor de 38 NMP/100mL, mientras que para el lago de Yahuahua arrojó un valor de 28 NMP/100mL. Con respecto a los valores sugeridos por el Reglamento de Conservación del ambiente acuático del DS N° 004-2017-MINAM en su Categoría 4, se encontró que, todas las variables cumplen con la norma establecida; con la excepción de los SST en ambos lagos.

En la figura 4 se observa la mediana para los nitritos en lago de Tunants está 0.03 ppm (CV=71.62%), para el lago Yahuahua la mediana se encuentra en 0.06 ppm (CV=89.21%). Para los fosfatos en el lago de Tunants encuentra en 0.01 ppm  $\text{PO}_4$  (CV=98.92%); y, para el lago de Yahuahua la mediana se encuentra en 0.03 ppm  $\text{PO}_4$  (CV=65.74%). Los sulfatos para el lago de Tunants se encontró en 1.9 ppm  $\text{SO}_4$  (CV=57.52%). y para el lago de Yahuahua se encontró en 2.5 ppm  $\text{SO}_4$  (CV=115.23%). Mientras que, para la  $\text{DBO}_5$ , en el lago de Tunants la mediana se encuentra en 1.8 mg/L de  $\text{O}_2$  y el lago de Yahuahua la mediana se encuentra entre 1.45 mg/L de  $\text{O}_2$ .

Tabla 1. Resultados de la caracterización de parámetros físicoquímicos

		pH	Turb	Ce	SDT	SST	Alcalinidad	Dureza	Nitratos	Nitritos	Fosfatos	Sulfatos	DBO <sub>5</sub>	CT	CF	E. COLI
L1	Promedio	7.1 7	9.6 3	59.2 0	37.5 0	100.6 7*	54.49	24.39	7.16	0.03	0.01	2.37	1.42	>1600	35 0	38
	SD	0.1 6	4.7 4	8.83 1	14.1 6	53.20 *	46.02	5.59	2.15	0.02	0.01	1.36	0.65			
	CV%	2.2 8	49. 16	14.9 1	37.7 7	52.85 *	84.45	22.93	30.02	71.62	92.82	57.52	45.84			
	ECA-C4	6,5 - 9,0	-	1 000	-	≤ 25	-	-	13	-	-	-	-	5	1000	-
L2	Promedio	6.5 2	8.9 0	50.8 7	23.0 7	86.17 *	21.47	20.36	5.11	0.05	0.03	6.87	1.70	920	92 0	28
	SD	1.17	3.5 5	8.97	5.99	29.43 *	9.54	10.21	1.07	0.04	0.02	7.91	0.46			
	CV%	17. 93	39. 93	17.6 4	25.9 8	34.15 *	44.44	50.16	20.89	89.21	65.74	115.23	26.78			
	ECA-C4	6,5 - 9,0	-	1 000	-	≤ 25	-	-	13	-	-	-	-	5	1000	-

\*Valores que no cumplen con la norma reportados en la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. ECA-C4= Categoría 4 de los estándares de calidad ambiental.

L1=Lago de Tunants; L2=Lago de Yahuahua.

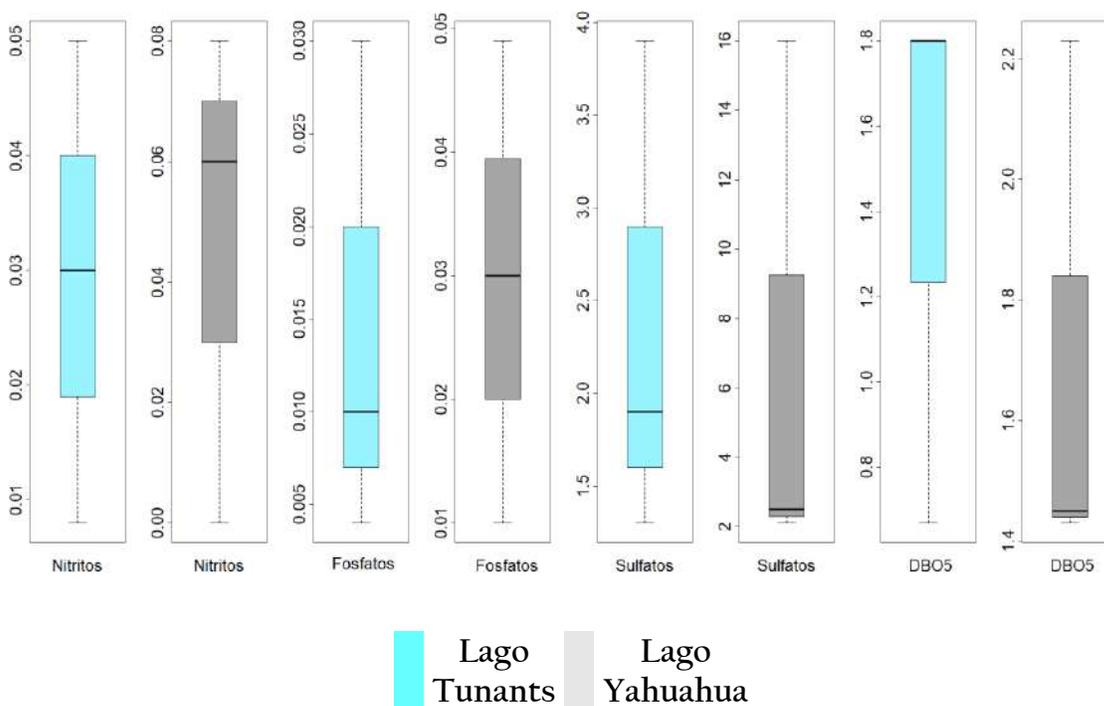


Figura 4. Valores de las medianas de los parámetros Nitritos, Fosfatos, Sulfatos, DBO<sub>5</sub>.

## 2.2. Correlación de los parámetros físicoquímicos para el lago de Tunants

En la figura “5 A”, el pH, está fuertemente correlacionado de forma positiva con la turbidez, Ce, nitratos y sulfatos. Mientras que los parámetros de SST, dureza, fosfatos y DBO<sub>5</sub>, están correlacionado fuertemente de manera negativa. Los nitratos y nitritos, se correlaciona fuertemente de forma negativa con los sulfatos y DBO<sub>5</sub>.

Con respecto a la turbidez está fuertemente correlacionado de forma positiva con los parámetros de Ce, Nitratos y Sulfatos. Mientras que los parámetros moderadamente correlacionados son los SDT, Alcalinidad y fosfatos. Y los parámetros fuertemente correlacionados de forma negativa son los SST, Dureza, Nitritos y DBO<sub>5</sub>.

La Ce está fuertemente correlacionada de manera positiva con los nitratos y sulfatos. Mientras que los parámetros fuertemente correlacionados de manera negativa son, dureza, fosfatos y DBO<sub>5</sub>. El parámetro que no mostro una correlación lineal fue la alcalinidad. Con respecto a los SDT, están fuertemente correlacionados de manera positiva están los SST,

alcalinidad y nitritos. Mientras que los parámetros moderadamente correlacionados de forma negativa son los nitratos y fosfatos. Y con una débil relación están los sulfatos.

Los SST, están fuertemente correlacionados de manera positiva con la alcalinidad, nitritos y DBO<sub>5</sub>. Mientras que los parámetros que están fuertemente correlacionado de manera negativa son los nitratos y sulfatos. Y los parámetros que muestran correlación moderada positiva son la dureza, fosfatos, alcalinidad. Los parámetros que muestran una débil relación negativa son los fosfatos y una relación débil positiva fue la dureza. Con respecto a la dureza está fuertemente correlacionada de manera positiva con los fosfatos y la DBO<sub>5</sub>. Y fuertemente correlacionado de manera negativa con los nitratos y sulfatos.

### 2.3. Correlación de los parámetros físicoquímicos para el lago de Yahuahua

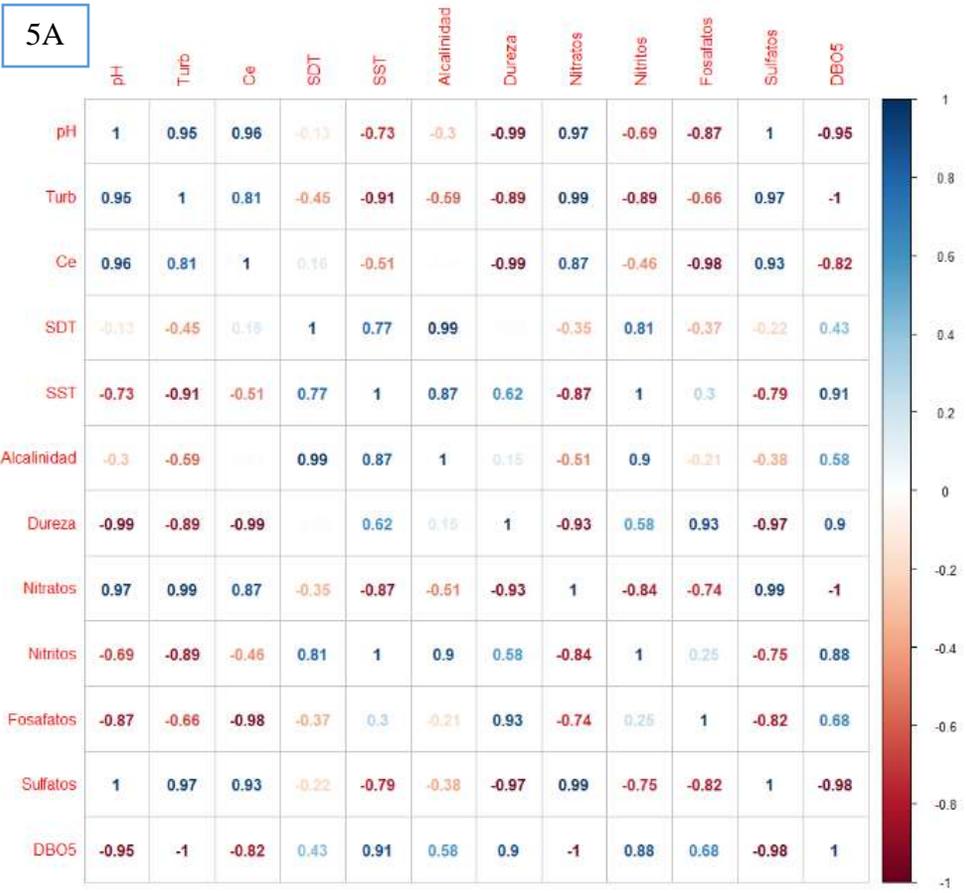
El pH, está fuertemente correlacionado de forma positiva con la DBO<sub>5</sub> y los fosfatos. Y de manera negativa están la turbidez, Ce, SDT, SST, Alcalinidad, dureza, nitritos y sulfatos. Con respecto a la turbidez está fuertemente correlacionado de manera positiva con los SDT, SST, Alcalinidad, nitritos y sulfatos. Y de manera negativa están los fosfatos, el parámetro que muestra una débil correlación y de manera positiva es los nitritos.

La Ce, está fuertemente correlacionado de manera positiva con la alcalinidad, dureza, nitratos, nitritos. Y los parámetros que están correlacionados de manera negativa son los fosfatos y la DBO<sub>5</sub>. Con respecto a los SDT, los parámetros fuertemente correlacionados de manera negativa son los SST, alcalinidad y sulfatos. Mientras que de forma negativa están los fosfatos.

Los SST, están fuertemente correlacionados de manera positiva con la alcalinidad y sulfatos. Mientras que de manera negativa están correlacionados los fosfatos. Los parámetros de dureza y nitritos se encuentran correlacionados moderadamente de manera positiva.

La alcalinidad, están fuertemente correlacionados de manera positiva con la dureza y los nitritos. Mientras que están fuertemente correlacionados de manera negativa es los fosfatos y la DBO<sub>5</sub>. Por otro lado, la dureza se correlaciona fuertemente de manera positiva con los nitratos y nitritos. Así mismo tenemos a los fosfatos fuertemente correlacionados de manera positiva con la DBO<sub>5</sub>.

5A



5B

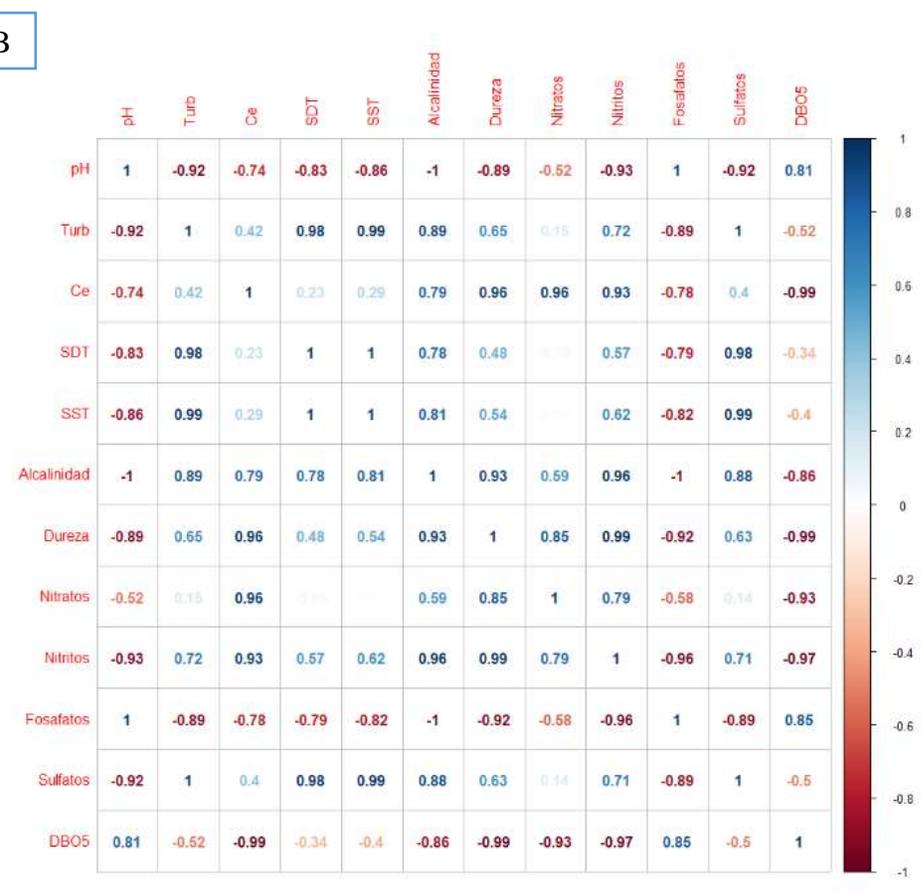


Figura 5. Correlación de los parámetros físicoquímicos para el lago de Tunants (5A) y el lago de Yahuahua (5B). Nota: la puntuación para la correlación está basada en Ratner, (2009). Donde: de 0 a 0,3 (0 y -0,3) débil relación ;0,3 y 0,7 (0,3 y -0.07) correlación moderada; 0,7 y 1,0 (-0,7 y 1,0) correlación fuerte.

#### 2.4. Resultados de metales pesados para el lago de Tunants y Yahuahua

El metal pesado que arrojó mayor concentración es el aluminio con 0.2385 ppm para el lago de Tunants. Mientras que en el lago de Yahuahua tuvo un valor de 0.1075 ppm. Con respecto al zinc para el lago de Tunants dio 0.0375 ppm, para el lago de Yahuahua 0.0285 ppm. El cobre es el metal que arrojó un valor de 0.02 ppm, en ambos lagos. (Figura 7).

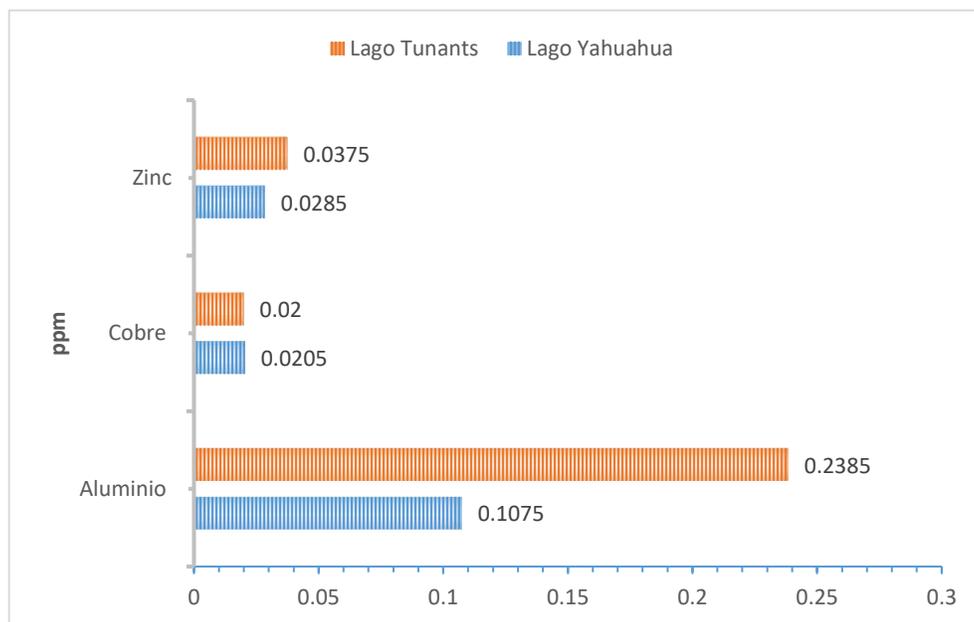


Figura 7. Relación de los metales pesados entre el lago de Tunants y Yahuahua.

### 3. Discusión

El pH, para el lago de Tunants y el lago de Yahuahua oscila entre 7.10 a 7, de acuerdo a los estándares de calidad ambiental (ECA), el pH se encuentra dentro del límite máximo permisible categoría 4 para aguas naturales superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas. Cuyas características para el “pH y la norma establecen” el valor recomendado mínimo de 6,5 y un máximo admisible de 9,0. Con respecto a la turbidez, para el lago de Tunants, el valor de la mediana fue de 7 UNT, encontrándose fuertemente correlacionado de forma positiva con los parámetros de Ce, Nitratos y Sulfatos. La mediana para el lago de Yahuahua, se encuentra a 7.95 UNT, por lo cual se puede evidenciar que tiene una turbidez elevada, en comparación con el valor de la Laguna Grande de San Pedro de Chile, cuya

turbidez está comprendida entre 1.0 y 1.7 NTU, lo cual indica una reducida y homogénea turbidez del agua (Quintana, 2012). La  $C_e$  para el lago de Tunants arrojó una mediana de  $60 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ ; mientras que para el lago de Yahuhua la  $C_e$  está en  $54.8 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ . Las concentraciones de  $C_e$  se relacionan con el pH, cuando el pH es básico, la  $C_e$  arroja valores mínimos, condiciones ideales para el desarrollo de organismos (Morales et al, 2011).

Los SST para lago de Tunants arrojó una mediana de 106 mg/L, para el lago de Yahuahua, se observa una mediana de 72 mg/L, en ambos lagos existe una correlación moderada y positiva. Los SST, podrían estar asociados principalmente al arrastre de partículas de los canales de conducción que ingresa a los lagos (Espinal et al 2013). Su concentración puede evidenciar varios factores de alteración de las condiciones naturales de la misma. Por un lado, los procesos de erosión naturales se ven incrementados notablemente por diferentes causas de origen humano que provocan la falta de protección de los suelos, los que ocasionan grandes arrastres de materiales por escorrentía superficial en los fenómenos de fuertes precipitaciones (Villamarín et al., 2013).

Los SDT para el lago de Tunants tiene una mediana de 30.5 mg/L. Mientras que para el lago Yahuahua la mediana está en 20.6 mg/L. Ambos lagos tuvieron una correlación moderada. Mayormente el aumento de los SDT está dado por el arrastre de partícula hacia los lagos (Bohdziewicz, 2005). La alcalinidad tuvo una mediana de 32.2 ppm  $\text{CaCO}_3$  para el lago de Yahuahua, y el lago de Tunants dio un valor de 21.48 ppm  $\text{CaCO}_3$ , mostrando una correlación positiva. Mientras que la dureza para ambos lagos tiene una mediana similar de 24.48 ppm  $\text{CaCO}_3$  y muestran una correlación positiva. Los valores elevados de dureza y alcalinidad en los lagos podrían estar asociados al tipo de suelo en la zona, dado que predomina la arcilla, que está conformada de silicatos, magnesio, carbonatos y bicarbonatos (WHO, 2011).

Los fosfatos para el lago de Tunants evidencia una mediana de 0.01 ppm  $\text{PO}_4^-$ . Correlacionado de forma moderada y positiva. Mientras que para el lago Yahuahua la mediana se encuentra en 0.03 ppm  $\text{PO}_4^-$  y esta correlacionado de forma negativa. En ese sentido los fosfatos en los ambientes acuáticos, se debe a la descomposición de la materia biológica y la escorrentía de las actividades antrópicas. Comparando con el presente estudio, se afirma la presencia de fosfatos dado que los lugareños suelen practicar actividades domésticas de

lavandería en los lagos. La presencia de fosfatos se relaciona directamente con la formación de macrofitas, que es común en los lagos, por la razón que suele operar como nutriente de crecimiento de algas (Rivas, 2009).

Para los nitratos la mediana en lago de Tunants se encuentra en 6.10 ppm  $\text{NO}_3$ , en el lago de Yahuahua la mediana se muestra en 5.25 ppm  $\text{NO}_3$ . Para ambos lagos se muestra una correlación fuertemente negativa. La presencia de los nitratos se podría deber a la gran cantidad de vegetación en los lagos, este elemento se libera por procesos de desnitrificación, al agua por el lavado de los suelos y es debido a su solubilidad en agua, aflorando en los lagos profundos (Keller, 1986). La mediana para los nitritos en lago de Tunants está 0.03 ppm  $\text{NO}_2$ , y se correlaciona de forma negativa. Mientras que para el lago de Yahuhua la mediana se encuentra en 0.06 ppm  $\text{NO}_2$  correlacionada de forma moderada y positiva. El ion nitrito, se relaciona con los nitratos por su capacidad de convertirse de manera natural (Bolaños, 2017). En la zona de estudio podría estar influenciado por el mal manejo del alimento para peces y la falta de saneamiento. Los sulfatos para lago de Tunants se encuentra en 1.95 ppm  $\text{SO}_2$ , y para el lago de Yahuahua se encuentra en 2.5 ppm  $\text{SO}_2$ . Correlacionados en forma negativa. Los sulfatos suelen caracterizarse por ser muy abundantes en la naturaleza y su presencia en el agua varía de acuerdo a las condiciones del entorno (Bolaños, 2017).

Con respecto a la  $\text{DBO}_5$  la mediana para el lago de Tunants se encuentra en 1.8 mg/L de  $\text{O}_5$  y para el lago de Yahuahua la mediana se encuentra entre 1.45 mg/L de  $\text{O}_2$ . Existiendo una correlación negativa para ambos lagos, se puede decir que no hay una alta concentración de materia orgánica en los lagos y está dentro de los estándares de calidad ambiental de la categoría 4, conservación del ambiente acuático. Los metales pesados están presentes en los lagos y fuentes naturales y antrópicas. Estos son los contaminantes ambientales más impactantes debido a su toxicidad, permanencia y tendencia a acumularse en los seres acuáticos (Rizzo, 2010). En los lagos evaluados se pudo encontrar concentración de aluminio con 0.2385 ppm, para el lago de Tunants, y en el lago de Yahuahua 0.1075 ppm. Con respecto al Zinc para el lago de Tunants 0.0375 ppm, para el lago de Yahuahua dio un valor 0.0285 ppm. El cobre es el metal que arrojó datos similares en ambos lagos con un valor de 0.02 ppm. La presencia de metales pesados en el agua es un asunto a investigar, dado que no hay efluentes industriales cercanos, sin embargo,

estudios mencionan que los metales pesados son desplazados de la tierra al agua y del agua a los seres vivos (Chen, et al 2000).

Con respecto a los parámetros microbiológicos, puede estar superditado a las descargas residuales, precipitaciones que generan arrastres contaminantes del suelo y que pueden contener carga microbiana, estos incrementan los niveles de microorganismos en el agua (Ortiz, 2016). En este caso se intuye que las precipitaciones juegan un papel importante en los resultados de CT (Cabrera et al., 2008). Dado que el presente estudio para el lago Tunants resultó tener mayor concentración de CT, >1600 NMP/100mL.

## Conclusiones

Los valores de pH en los lagos Tunants (7, 17) y Yahuahua (6,52) están correspondidos en los valores límites de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua 6,5- 9,0 y están altamente relacionados en positivo con los valores de nitratos.

La presencia de sulfatos y fosfatos, respondió a los coeficientes de variación más altos, valores relacionados con un aumento de la cantidad de detergentes en los lagos por el uso intensivo del agua en el uso doméstico y en la piscicultura.

El aluminio fue el metal pesado que se presentó en mayor concentración para ambos lagos, seguido del Zinc y Cobre. Al no haber efluentes industriales cercanos, estos metales pudieron haber sido desplazados desde la tierra al agua, alertándose que, del agua puede pasar a los seres vivos.

Todos los parámetros físicoquímicos se encontraron dentro estándares de calidad del agua del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Categoría 4: Conservación del ambiente acuático. Sin embargo, el único parámetro que no cumple con la norma fue los Sólidos Suspendidos Totales (SST).

Los análisis microbiológicos que resultó tener mayor concentración en CT, >1600 NMP/100mL, fue el lago de Tunants, también se evidenció la presencia de *E. coli* el cual indica que puede estar influenciado por heces de animales o humanos producto del arrastre de partículas ocasionado por las lluvias.

## Referencias

- Álvarez, J., Panta, J. E., Ayala, C. R., & Acosta, E. H. (2008). Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del Río Amajac. *Información tecnológica*, 19(6), 21-32. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642008000600004>
- Agudelo, R. M. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 23(1). <https://revistas.udea.edu.co/index.php/fnsp/article/view/522>
- Bohdziewicz, J.; Sroka, E. Integrated system of activated sludge-reverse osmosis in the treatment of the wastewater the meat industry. *Process Biochem.* 40:1517-1523. (2005) Doi: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2003.11.047>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27. Doi: <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Chen, C. Y., Stemberger, R. S., Klaue, B., Blum, J. D., Pickhardt, P. C., & Folt, C. L. (2000). Accumulation of heavy metals in food web components across a gradient of lakes. *Limnology and Oceanography*, 45(7), 1525-1536. Doi: <https://doi.org/10.4319/lo.2000.45.7.1525>
- Cabrera, A., Pacheco, J. y Coronado, V. (2008) Presencia de organismos coliformes fecales en el agua subterránea de una granja porcícola en el Estado de Yucatán. *Revista académica de la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán* Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexicoll/as-13.pdf>
- Dolbeth M., Pardal M.A., Lilleblo A.I., Azeiteiro U. & Marques J.C. 2003. Short- and long-term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. *Marine Biology*. 10- 1007: 1133-1135. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1133-5>
- Espinal Carreón, T., Sedeño Díaz, J. E., & López López, E. (2013). Evaluación de la calidad del agua en la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: un análisis de valoración para dos épocas 2005, 2009-2010. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(3), 147-163.
- Farnleitner, A. H. et al. *Escherichia coli* and enterococci are sensitive and reliable indicators for human, livestock and wildlife faecal pollution in alpine mountainous water resources. *Journal of Applied Microbiology*, 109(5): 1599-1608, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04788.x>
- Fernández, A; Marín, J. C.; Ángel Corona, J. F.; González, I.; Perozo, R. (2017). Evolución en la morfología de la laguna Las Peonías: 1979–2016, *Revista de la Universidad del Zulia*, 8 (21), 41-59.

Gamarra Torres, O. A., Barrena Gurbillón, M. A., Barboza Castillo, E., Rascón Barrios, J., Corroto, F., & Taramona Ruiz, L. A. (2018). Fuentes de contaminación estacionales en la cuenca del río Utcubamba, región Amazonas, Perú. *Arnaldoa*, 25(1), 179-194. Doi: <http://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25111>

Harwood, V. J. et al. Validity of the indicator organism paradigm for pathogen reduction in reclaimed water and public health protection. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(6): 3163-3170, 2005. Doi: 10.1128/AEM.71.6.3163-3170.2005

Kazi T. G., Arain M. B., Jamali M. K., Jalbani N., Afridi H. I., Sarfraz R. A., Baig J. A. y Shah A. Q. (2009). Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: a case study. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 72, 301-309. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.02.024>

Keller y J. R. Pitblade, "Water quality changes in Sudbury area lakes: a comparison of synoptic surveys in 1974-1976 and in 1981-1983", *Water, Air and Soil Pollution*, vol. 29, 1986, pp.285. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00158760>

León, V.L.F. (2006). Índices de calidad del agua (ICA), formas de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Luna Pabello, V. M. y Aburto Castañeda, S. Sistema de humedales artificiales para el control de la eutroficación del lago del Bosque de San Juan de Aragón. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 17(1): 32-55, 2014.

Morales, R. H., Ortega, M. R., Sánchez, J. D., Alvarado, R., & Aguilera, M. S. (2011). Distribución estacional del fitoplancton en un lago cálido monomictico en Michoacán, México. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, 13(2), 21-28.

Madera, L. C., Angulo, L. C., Díaz, L. C., & Rojano, R. (2016). Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. *Información tecnológica*, 27(4), 103-110. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000400011>

Ortiz, J. C., Tafur, D. L., & Corroto, F. (2016). Caracterización físicoquímica y microbiológica de las aguas residuales en la ciudad de Chachapoyas, Región Amazonas. *Ciencia Amazónica:(Iquitos)*, 6(1), 16-27.

OMS (Organización Mundial de Salud, US). 2006. Agua, saneamiento y salud: Enfermedades relacionadas con el agua.

Perez, A., & Rodriguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundacion. Costa Rica: *Revista SciELO*.

- Pinilla G. 2000. Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos Continentales de Colombia. Compilación Bibliográfica. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Centro de Investigaciones Científicas. Santafé de Bogotá, Colombia.
- PNUMA (2008). Water Quality for Ecosystems and Human Health. 2ª ed. PNUMA, ERCE, UNESCO.
- Quintana-Sotomayor, C., Lillo-Saavedra, M., Gonzalo-Martín, C., & Barrera-Berrocal, J. A. (2012). Metodología para estimación de la turbidez de un lago mediante la clasificación orientada a objetos de imágenes multispectrales. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(4), 143-150.
- Rengifo, D., & Reyes, W. (2017). Amazonía peruana en riesgo por presencia de mercurio en el río Napo. *Revista Ciencia y Tecnología*, 12(3), 41-50.
- Rizzo, A., Daga, R., Arcagni, M., Perez, S., Bubach, D., Sánchez, R., ... & Arribére, M. A. (2010). Concentraciones de metales pesados en distintos compartimentos de lagos andinos de Patagonia Norte. *Ecología austral*, 20(2), 155-171.
- Rivas, Z., Sánchez, J., Troncone, F., Márquez, R., Ledo de Medina, H., Colina, M., & Gutiérrez, E. (2009). Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema Lago de Maracaibo, Venezuela. *Interciencia*, 34(5), 308-314.
- Rivera-Jacinto, M., Rodríguez-Ulloa, C., & López-Orbegoso, J. (2009). Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 26(1), 45-48.
- Ruiz, N. E. S., Escobar, Y. C., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from, 2020. <https://www.r-project.org/>.
- Ratner, B. (2009). The correlation coefficient: Its values range between +1/-1, or do they?. *Journal of targeting, measurement and analysis for marketing*, 17(2), 139-142. Doi: <https://doi.org/10.1057/jt.2009.5>
- Villamarín, C., Rieradevall, M., Paul, M. J., Barbour, M. T., & Prat, N. (2013). A tool to assess the ecological condition of tropical high Andean streams in Ecuador and Peru: The IMEERA index. *Ecological indicators*, 29, 79-92. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.12.006>
- Wen-Cheng L., Hwa-Lung Y. y Chung-En C. (2011). Assessment of water quality in a subtropical alpine Lake using multivariate statistical techniques and geostatistical mapping: A case study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 8, 1126-1140. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph8041126>

World Health Organization (WHO). (2011). Hardness in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. (WHO/SDE/WSH/03.04/6). [en línea] [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/hardness.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/hardness.pdf)

## ANEXOS

Anexo I. Lago de Yahuahua (A), Realizan actividades del lavado de ropa y recreación (B).



Anexo 2. Lago de Tunants



## Medición de los niveles de ruido ambiental en la Parroquia Juana de Ávila de la ciudad de Maracaibo, Venezuela

Andreina Fernández Álvarez \*  
Teresita Álvarez de Fernández \*  
Angelina Fernández Álvarez \*  
Janett Flores Nava \*  
Sedolfo Carrasquero Ferrer \*

### RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los niveles de ruido en la Parroquia Juana de Ávila, de la ciudad de Maracaibo, Venezuela y comparar el resultado con las normas nacionales e internacionales. Se realizó una investigación de tipo descriptivo, documental y de campo en una zona de la Parroquia Juana de Ávila del Municipio Maracaibo-Venezuela, entre enero y julio de 2015, tomando como puntos de muestreo seis (6) estaciones en las cuales se midió el nivel sonoro equivalente (Leq). Se calcularon los estadísticos descriptivos y se realizó un análisis de varianza para determinar las diferencias significativas en las estaciones de muestreo establecidas durante el período de seleccionado. Como resultado se encontraron niveles superiores de ruido a los permitidos en la normativa nacional e internacional, demostrando así el grave problema de contaminación sonora que afecta la zona en estudio.

PALABRAS CLAVE: contaminación ambiental, contaminación sonora, nivel de ruido.

\*Centro de Investigación del Agua. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia (LUZ), Apartado 526, Maracaibo 4001-A, Estado Zulia, Venezuela. E-mail: andreinafernandez@gmail.com

## Measurement of ambient noise levels in Juana Avila Parish, Maracaibo-Venezuela

### ABSTRACT

This research aimed to determine noise levels in Juana Avila Parish in the city of Maracaibo, Venezuela, and compare the result with national and international standards. A descriptive, documentary and field investigation was conducted in an area of Juana de Ávila Parish, Maracaibo, Venezuela between January and July 2015, taking as sampling points six (6) stations in which measured the level equivalent sound (Leq). Descriptive statistics were calculated to determine significant differences in sampling stations established during the selected period. As a result higher noise levels were found to those permitted under national and international standards, demonstrating the serious problem of noise pollution affecting the area.

KEYWORDS: environmental pollution, noise pollution, noise.

### Introducción

Desde hace siglos, el ruido ha sido una fuente de preocupación para el ser humano. Existe documentación sobre la molestia ocasionada por los ruidos en las ciudades desde la antigüedad, pero es a partir del siglo pasado, como consecuencia de la revolución industrial, del desarrollo de nuevos medios de transporte y del crecimiento de las ciudades, cuando comienza a considerarse un problema para la población (Berglund et al., 1999).

El ruido, en general, es todo sonido indeseable que molesta o perjudica a las personas. El ruido urbano (también denominado ruido ambiental, ruido residencial o ruido doméstico) se define como el ruido emitido por todas las fuentes a excepción de las áreas industriales. Las fuentes principales de ruido urbano son el tránsito automotor, ferroviario y aéreo, la construcción y obras públicas (Berglund et al., 1999). La Comisión Europea de ruido ambiental, lo define como un sonido no deseado o nocivo generado por la actividad humana en el exterior, incluido el ruido emitido por medios de transporte, tráfico de carretera, tráfico ferroviario, tráfico aéreo y por zonas o edificios industriales (Expósito et al., 2013).

En la actualidad, el ruido es común en la vida cotidiana de las ciudades, y muchas de las actividades habituales exigen vivir en un entorno en el cual los sonidos se vuelven agresivos para

el medio ambiente. Es una de las principales fuentes de contaminación en las grandes ciudades en el mundo, se calcula que alrededor del 40% de la población de la Unión Europea está expuesta a niveles sonoros procedentes del tráfico rodado superiores a 55 dB en el día y el 20% está expuesta a más de 65 dB (Berglund et al., 1999).

Algunos estudios han identificado al ruido como un problema de salud pública y una de las formas de contaminación que afecta más a las personas (Bressane et al., 2016), se ha convertido en uno de los contaminantes más molestos de la sociedad moderna que incide directamente sobre el bienestar de la población. Aunque no modifica el medio ambiente, incide en el órgano de percepción fisiológico, el oído, afectando las actividades de desarrollo social del individuo (Santos, 2007). Las personas sometidas a grandes ruidos de forma continua, experimentan serios trastornos fisiológicos, como pérdida de la capacidad auditiva, alteración de la actividad cerebral, cardíaca y respiratoria, trastornos gastrointestinales, entre otros. Además, se producen alteraciones conductuales tales como perturbación del sueño y el descanso, dificultades para la comunicación, irritabilidad, agresividad, problemas para desarrollar la atención y concentración mental (Platzer et al., 2007).

El ruido urbano resulta de la combinación de varias fuentes de ruido como los medios de transporte, industria, construcción, lugares recreacionales, escuelas y áreas comerciales (Suriano et al., 2014). De éstos, los vehículos motorizados son responsables de aproximadamente el 70% del ruido presente en las ciudades, y de él, el mayor aporte lo representan los vehículos de mayor tamaño, entre ellos los vehículos de transporte colectivo. Un segundo grupo lo constituyen las fuentes fijas, es decir, las industrias, construcción, talleres, centros de recreación, entre otros. Los agentes de menor impacto son aquellos de ocurrencia esporádica como: gritos de los niños, conciertos al aire libre, ferias y vendedores callejeros, sonidos de animales domésticos, fuegos artificiales (Platzer et al., 2007).

La unidad de medida del sonido es el decibel (dB) y el instrumento que se utiliza para medir el ruido es el sonómetro. El indicador más fácil para medir el ruido ambiental es el nivel de presión sonora (NPS) expresado en dB (Platzer et al., 2007). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha sugerido un valor de ruido de 55 dB como límite superior deseable al aire libre (Berglund et al., 1999).

En los últimos años, las principales ciudades de Latinoamérica han experimentado un incremento significativo de la contaminación sónica, convirtiéndose éste en un elemento más de la degradación ambiental urbana y en uno de los principales responsables del deterioro de la salud y el bienestar de las personas (Jaramillo et al., 2009).

El incremento del ruido se debe a su condición especial de requerir mínima energía para producirlo y un gran esfuerzo para su atenuación. Además, las medidas contra el ruido son siempre costosas no sólo en lo económico sino también en lo social, pues además de implicar medidas de ingeniería y arquitectura sofisticadas pueden requerir la modificación de hábitos, usos o costumbres (Jaramillo et al., 2009).

Un ejemplo del incremento del ruido se puede observar en las principales ciudades de Venezuela (Caracas, Valencia, Barquisimeto, Puerto Ordaz, Maracaibo, Mérida), en los últimos años ha crecido el empleo de la tecnología a nivel urbano e industrial y se ha desarrollado a pasos agigantados (zonas de explotación petrolera o de energía hidroeléctrica), trayendo como consecuencia un aumento de la población, originando con esto, el alto índice de construcción de edificaciones y obras civiles, el crecimiento de la actividad comercial, la deficiente o escasa planificación en la expedición de permisos y licencias para la ubicación y funcionamiento de establecimientos en zonas residenciales en las diversas parroquias de estas ciudades; por otra parte, el aumento acelerado del tráfico automotor. Todas estas situaciones son las responsables de la contaminación por ruido, la cual se evidencia a través de numerosas mediciones experimentales llevadas a cabo en diferentes zonas del país (Montbrun, 2006).

En el año 1992 se crearon en Venezuela, las Normas sobre el control de la contaminación generada por ruido, contempladas en el decreto 2.217 (Gaceta Oficial, 1992); dicho decreto permite establecer las normas para el control de la contaminación producida por fuentes fijas generadoras de ruido. Además, en éste se consideran los niveles sonoros equivalentes tolerables (Leq), en los periodos diurno y nocturno. Adicionalmente establece los procedimientos de los métodos de medición sonora.

A pesar de la existencia de dicha normativa la mayoría de los municipios en Venezuela no poseen ordenanzas para la regulación del ruido en sus diversas parroquias. Aun siendo conocida la magnitud de la contaminación sonora presente en las ciudades, no existen políticas que

tiendan a disminuir o evitar esta contaminación y las consecuencias que esta acarrea, y se han realizado pocos estudios para evaluar la exposición al ruido de la población y sus consecuencias.

Por todo lo antes expuesto se realizó esta investigación con el objetivo de determinar los niveles de ruido en la Parroquia Juana de Ávila, de la ciudad de Maracaibo, Venezuela y comparar el resultado con las normas nacionales e internacionales, para concientizar a la población sobre este importante problema que afecta cada vez más a la sociedad.

## 1. Materiales y métodos

Se realizó una investigación de tipo descriptivo, documental y de campo en una zona de la Parroquia Juana de Ávila del Municipio Maracaibo-Venezuela, en los sectores que conforman el siguiente polígono: Avenida 15 Fuerzas Armadas con Calle 45, Avenida 15 Fuerzas Armadas con Avenida Circunvalación N° 2, Avenida Circunvalación N° 2 con Calle 53, Avenida Circunvalación N° 2 con Avenida 16 Guajira, Avenida 16 Guajira con Calle 21, Avenida 15 Fuerzas Armadas con Calle 34. El diseño la red para la medición de ruido se realizó de acuerdo a las normas venezolanas Covenin (Normas Covenin 1995, Normas Covenin, 1988), el Decreto 2217 (Gaceta Oficial, 1992) y las características del sonómetro EXTECH 407730, demarcando en la red seis (6) estaciones con las intersecciones y coordenadas locales Norte y Este indicadas en la Tabla 1, durante el periodo de tiempo comprendido entre Enero a Julio 2015.

Se ubicó la cartografía existente, para limitar el polígono de estudio en una zona de la parroquia Juana de Ávila, utilizando un plano topográfico escala 1:5000, de acuerdo a las ordenanzas y leyes que rigen la materia en Venezuela (POU, 2005; Gaceta Municipal 9, 2008; Gaceta Municipal 495, 2003). Posteriormente, se realizaron las mediciones de niveles de ruido para lo cual se utilizó un equipo para medición de nivel sonoro, previamente calibrado modelo EXTECH 407730, y se definió el horario de medición: 11:30 am - 2:30 pm. Se evaluó nivel sonoro equivalente (Leq) en la frecuencia (A) en un tiempo de medición de 60 minutos en la poligonal residencial de las seis (6) estaciones establecidas, con una muestra cada 8 segundos a una altura de 1,2 m del suelo sobre el nivel de la acera al borde la calle, formando un ángulo de 45° respecto a la horizontal, en un período de 7 meses de muestreo en los cuales se tomaron cuarenta (40) observaciones o mediciones en meses no consecutivos (enero, marzo, mayo y julio). Se

compararon los efectos de la contaminación sonora en la zona a través de las mediciones de campo de niveles de ruido y las Normas sobre el control de la contaminación generada por ruido (Gaceta Oficial, 1992).

TABLA 1. Coordenadas de las estaciones de la red

Estación	Intersecciones	N	E
P1	Avenida 15 Fuerzas Armadas con Calle 45	10.700691	-71.625610
P2	Avenida 15 Fuerzas Armadas con Avenida Circunvalación N°2	10.693573	-71.625535
P3	Avenida Circunvalación N°2 con Calle 53	10.693456	-71.630375
P4	Avenida Circunvalación N°2 con Avenida 16 Guajira	10.693137	-71.635062
P5	Avenida 16 Guajira con Calle 21	10.716801	-71.637111
P6	Avenida 15 Fuerzas Armadas con Calle 34	10.708392	-71.624340

Se calcularon los estadísticos descriptivos, como: medidas de tendencia central, desviación estándar, coeficientes de variación de Pearson y asimetría y curtosis, empleando el programa Excel para Windows 2007 y SPSS versión 20.0. También se utilizó este último programa para realizar un análisis de varianza de una sola vía y una prueba de medias (Tukey), con la finalidad de determinar las diferencias significativas ( $p=0,05$ ) en las estaciones de muestreo establecidas durante el período seleccionado para la realización del presente estudio.

## 2. Resultados y discusión

Para las mediciones del nivel sonoro equivalente de las seis estaciones de muestreo establecidas, se presentan a continuación las figuras donde se muestra la variación temporal del nivel sonoro durante el tiempo de muestreo por estación y la media obtenida.

## 2.1. Estación 1: Avenida 15 Fuerzas Armadas con Calle 45

Los valores del nivel sonoro equivalente en la Estación 1 oscilaron entre 62 y 82 dB, encontrándose la mayoría de los valores distribuidos entre 65 y 75 dB, se puede observar cierta variación marcada en el mes de enero y marzo (Figura 1). El valor de media fue 70,50 dB y la desviación estándar 3,4 dB. El coeficiente de asimetría es de 0,44, y la curtosis es 2,89, lo que indica que la distribución de las observaciones es asimétrica positiva y leptocúrtica.

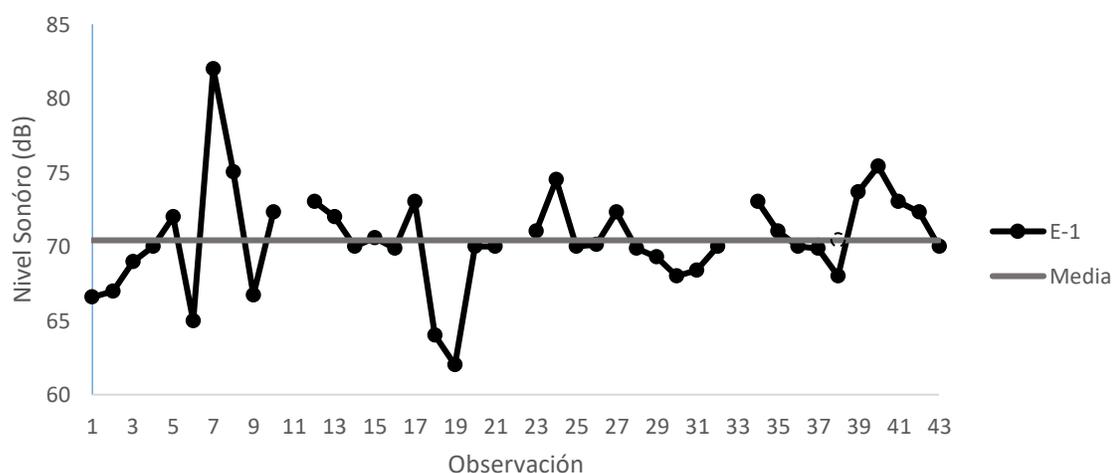


FIGURA 1. Gráfico de variación temporal y media del nivel sonoro equivalente Estación 1.

## 2.2. Estación 2: Avenida 15 Fuerzas Armadas con Avenida Circunvalación N°2

Los valores del nivel sonoro equivalente en la Estación 2 oscilaron entre 64 y 75 dB, se puede observar cierta variación marcada en el mes de enero, donde los datos se encontraron bastante dispersos y sobre la media, seguida del mes de mayo las variaciones fueron menos fuertes (Figura 2). El valor de la media fue 69,33 dB y la desviación estándar 2,48 dB. El coeficiente de asimetría es de 0,32, y la curtosis es 0,05, lo que indica que la distribución de las observaciones es relativamente simétrica y leptocúrtica.

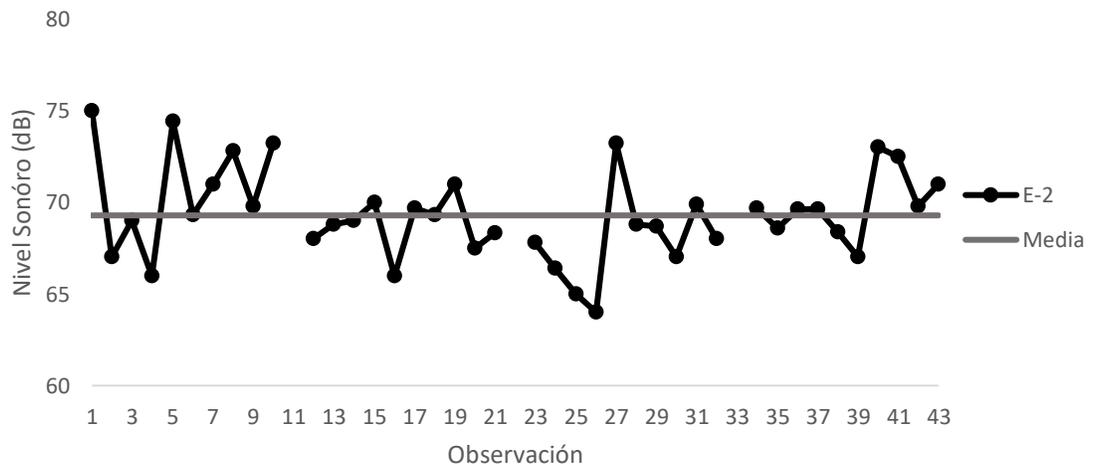


FIGURA 2. Gráfico de variación temporal y media del nivel sonoro equivalente Estación 2.

### 2.3. Estación 3: Avenida Circunvalación N°2 con Calle 53

Los valores del nivel sonoro equivalente en la Estación 3 oscilaron entre 56,2 y 70 dB, encontrándose la mayoría de los valores distribuidos entre 59 y 68 dB, se pueden observar variaciones marcadas en los cuatro meses de muestreo (Figura 3). El valor de media fue de 64,06 dB y la desviación estándar 3,35 dB. El coeficiente de asimetría es de 0,34, y la curtosis es -0,43, lo que indica que la distribución de las observaciones es asimétrica positiva y planicúrtica.

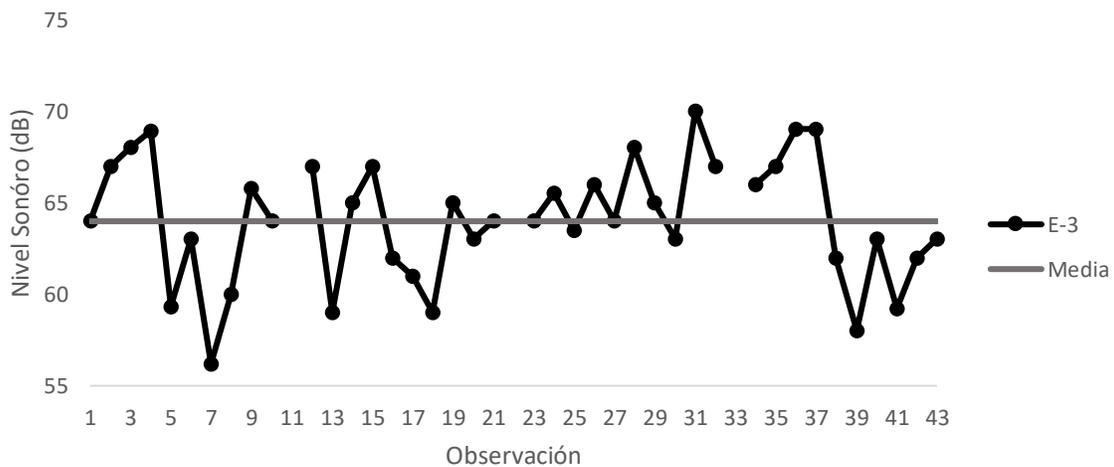


FIGURA 3. Gráfico de variación temporal y media del nivel sonoro equivalente Estación 3.

#### 2.4. Estación 4: Avenida Circunvalación N°2 con Avenida 16 Guajira

Los valores del nivel sonoro equivalente en la Estación 4 oscilaron entre 57 y 72,6 dB, encontrándose los datos bastante dispersos con respecto a la medida de tendencia central, se puede observar variaciones marcadas durante todo el período de muestreo (Figura 4). El valor de media fue de 66,12 dB y la desviación estándar de 4,23 dB. El coeficiente de asimetría es de 0.58, y la curtosis es -0.39 lo que indica que la distribución de las observaciones es asimétrica positiva y planicúrtica.

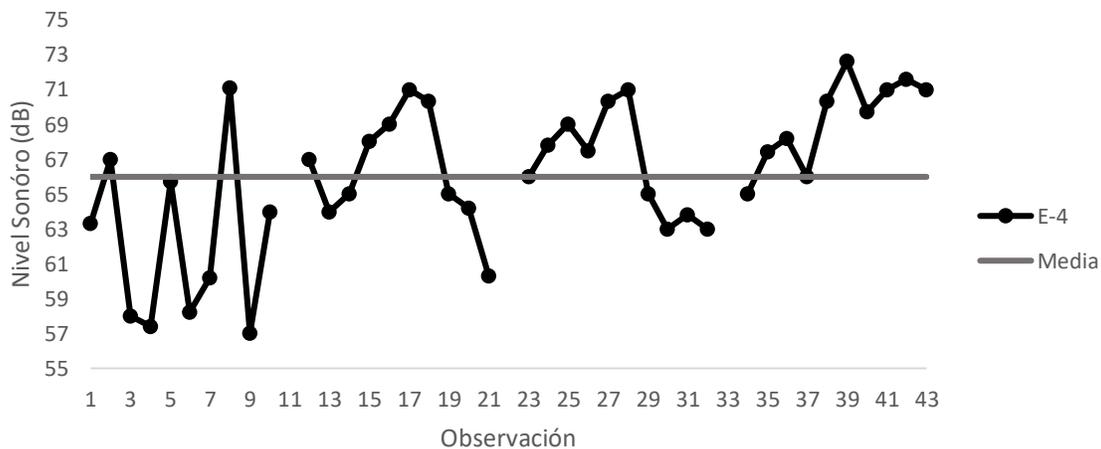


FIGURA 4. Gráfico de variación temporal y media del nivel sonoro equivalente Estación 4.

#### 2.5. Estación 5: Avenida 16 Guajira con Calle 21

Los valores del nivel sonoro equivalente en la Estación 5 oscilaron entre 62 y 75 dB, encontrándose la mayoría de los valores distribuidos entre 65 y 75 dB, se puede observar cierta variación marcada en el mes de enero y marzo (Figura 5). El valor de la media fue de 70,21 dB y la desviación estándar 3,27 dB. El coeficiente de asimetría es de -0,53, y la curtosis es 0,30, lo que indica que la distribución de las observaciones es relativamente asimétrica negativa y leptocúrtica.

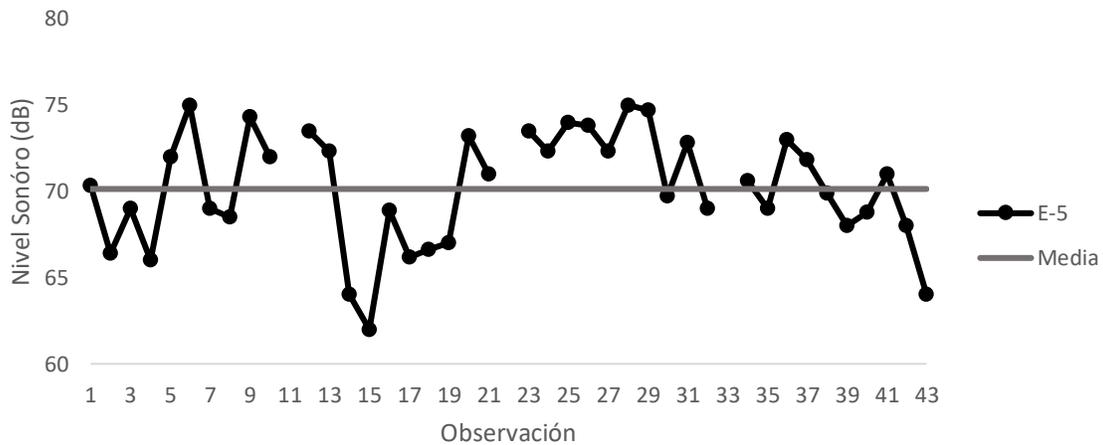


FIGURA 5. Gráfico de variación temporal y media del nivel sonoro equivalente Estación 5.

## 2.6. Estación 6: Avenida 15 Fuerzas Armadas con Calle 34

Los valores del nivel sonoro equivalente en la Estación 6 oscilaron entre 58 y 70 dB, encontrándose variaciones fuertes durante el periodo de muestreo (Figura 6). El valor medio fue 65,16 dB y la desviación estándar 2,85 dB. El coeficiente de asimetría es de 0,64, y la curtosis es 0.11 lo que indica que la distribución de las observaciones es relativamente asimétrica positiva y leptocúrtica.

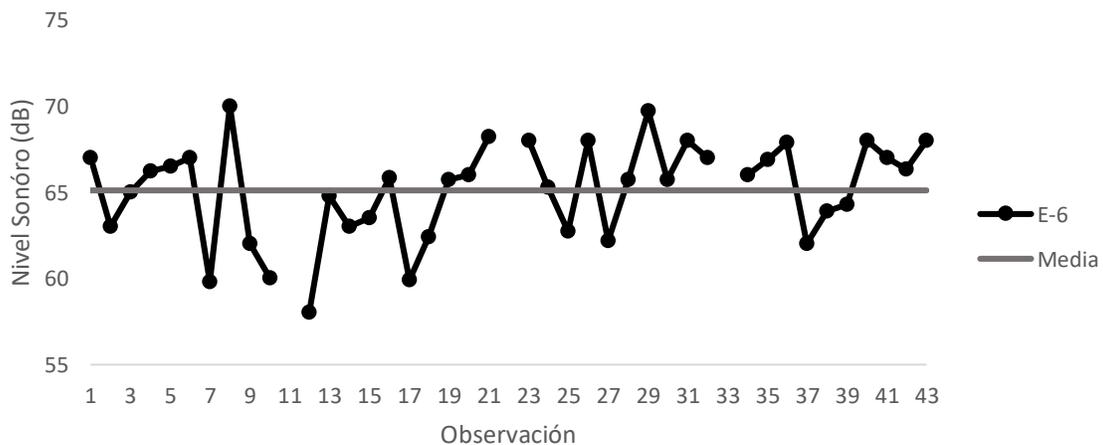


FIGURA 6. Gráfico de variación temporal y media del nivel sonoro equivalente Estación 6.

Para comparar la dispersión de las diferentes estaciones adicionalmente se determinó el coeficiente de variación de Pearson. En la Tabla 2 se muestran los resultados por estación.

TABLA 2. Coeficiente de variación de Pearson por estación de muestreo.

Estación	Coeficiente de variación de Pearson
E1	4,83
E2	3,58
E3	5,23
E4	6,39
E5	4,66
E6	4,37

La estación 2 (Avenida 15 Fuerzas Armadas con Avenida Circunvalación N°2) presentó la menor dispersión con relación a los niveles sonoros medidos en el período de muestreo encontrando mayor dispersión en la estación 4 (Avenida Circunvalación N°2 con Avenida 16 Guajira), seguida de la estación 3 (Avenida Circunvalación N°2 con Calle 53). Se encontraron dispersiones similares en las estaciones 1, 5 y 6.

Adicionalmente, el ANOVA mostró que existieron diferencias significativas ( $p=0,000$ ) en los valores de nivel sonoro equivalente en las diferentes estaciones de medición. En la Tabla 3 se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, observándose que el subconjunto 1 mostró un comportamiento similar en las estaciones 3, 4 y 6. En el subconjunto 2 las estaciones 1,2 y 5 presentaron un comportamiento similar, esto puede deberse a que estos puntos presentan condiciones similares de: tráfico vehicular, tipo de vehículos, zonas comerciales y residenciales, entre otros.

Finalmente, se obtuvo la variación temporal por mes de medición. En la Figura 7 se observa la media mensual del nivel sonoro equivalente levantado en campo por mes. Donde puede resaltarse la tendencia que existe para las estaciones 1,2 y 5 (los valores más altos), y para

las 3,4 y 6 (los más bajos). A excepción del mes de julio donde los mayores valores de nivel de ruido se reflejan en las estaciones 1,2, 4 y 5, presentando un comportamiento diferente.

Tabla 3. Prueba de medias para grupos homogéneos.

Estación	N	Subconjunto para alfa=0,05	
		1	2
1	40		70,50
2	40		69,33
3	40	64,06	
4	40	66,12	
5	40		70,21
6	40	65,16	

Al recolectar y revisar la información jurídica existente sobre la regulación de la contaminación sonora a nivel nacional, regional y municipal para la aplicación de la misma en la investigación, se obtuvo que el nivel medio de ruido permitido (NMP) equivalente (Leq) en el área de estudio se encuentra definido en el Decreto 2217 (Gaceta Oficial, 1992)), donde el nivel de ruido tolerable para el área de estudio en periodo diurno es de 65 dB, según este decreto dicha área es clasificada como Zona III, que comprende sectores residenciales, comerciales, con predominio de comercios o pequeñas industrias en coexistencia con residencias, escuelas y centros asistenciales, ubicados cerca de vías de alto tráfico de vehículos o de autopista.

Considerando lo establecido en el Decreto 2217, los resultados tolerables de presión sonora obtenidos en la Parroquia Juana de Ávila, no se cumplen en el 76,7% de los casos evaluados, para zona residencial tipo III, donde el valor máximo tolerable es de 65 dB en el período diurno. El límite máximo permisible se incumple en los sectores correspondientes a las

estaciones 1, 2, 4, 5, 6 en más del 50% de los casos, exceptuando la estación 3, en la cual a pesar de que también exceden el límite permitido, esto ocurrió en el 45% de los casos.

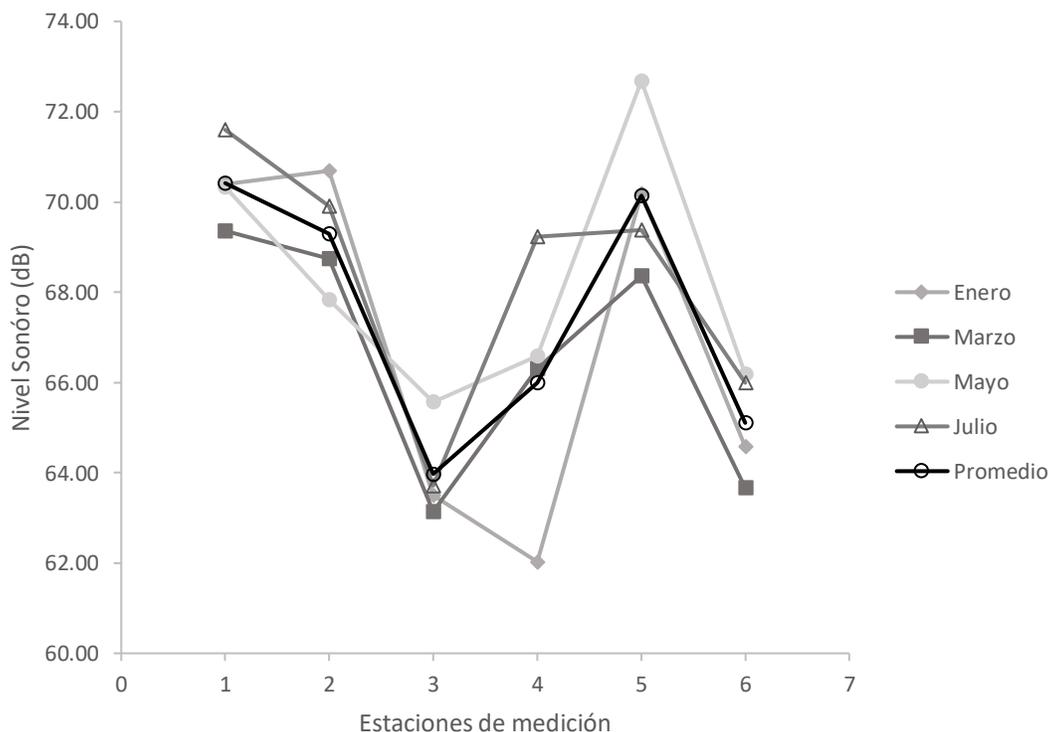


FIGURA 7. Gráfico de variación temporal de la media del nivel sonoro por mes.

Si se evalúa el comportamiento por mes, enero, marzo, mayo y junio 2015 se incumple la norma más del 50% de los casos estudiados en todos los meses.

Los elevados niveles de presión sonora indican que la ciudad de Maracaibo, específicamente la Parroquia Juana de Ávila, enfrenta un problema de contaminación sonora que merece atención, ya que se observa una tendencia de aumento de los niveles sonoros equivalentes. El problema se presenta en forma general en zonas residenciales, comerciales, colegios, centros asistenciales entre otros. Esto puede deberse al crecimiento poblacional de la zona, que influye en el aumento del tráfico vehicular y en el número de viviendas y comercios, lo que es normal en las áreas urbanas.

El problema se agrava debido a la interrupción del tráfico en las calles y avenidas secundarias de las áreas residenciales, debido al cierre voluntario por parte de los habitantes de dicha zona, lo que aumenta exponencialmente el tráfico vehicular en las calles y avenidas principales. El cual es, como lo exponen varios autores, la principal fuente de contaminación sonora en las áreas urbanas.

La medición de los niveles de ruido es muy importante para el estudio del impacto de la contaminación por ruido con el fin de prevenir y controlar sus efectos sobre la salud de la población, su calidad de vida, afectación sobre inmuebles, entre otros. Esta resulta una información significativa para diagnosticar las condiciones ambientales de la ciudad, identificar tipos de usos de suelo para clasificación de zonas urbanas, identificar las fuentes de ruido y obtener correlaciones entre el mismo con otras variables, entre otros; información que permita realizar intervenciones a los entes responsables, que resulten oportunas, así como también elaborar programas permanentes de control y monitoreo del ruido ambiental.

Se evidencia también la falta de información y consciencia sobre los aspectos relacionados a la contaminación por ruido en las ciudades venezolanas y el daño que causa a la población.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango reportado para otras ciudades de Latinoamérica. Jaramillo et al. (2009) obtuvieron mediciones de nivel sonoro equivalente entre 64 y 77 dB en la ciudad de Medellín (Colombia), medidos en una jornada diurna que comprendió entre 7:00 am y 9:00 pm. En este mismo horario, Calixto et al. (2003) y Ramirez y Domínguez (2011) registraron un valor promedio de nivel sonoro equivalente de 73,4 dB y 71,7 dB para las ciudades Curitiba (Brasil) y Calí (Colombia).

De igual manera, Pacheco et al. (2009) registraron mediciones que oscilaron entre 73 y 77 dB en la ciudad de Bogotá, Colombia, en un horario comprendido entre las 11:00 y la 1:00 pm. Estos investigadores concluyeron que dados los elevados niveles de presión sonora detectados en este estudio, es posible afirmar que Bogotá enfrenta un serio problema de contaminación auditiva que merece no solo mayor atención sino mejor documentación. En otras ciudades latinoamericanas se han reportado rangos que varían entre 66,0 y 71,0 dB para Riohachá (Colombia) y 60 y 80 dB para La Plata -Argentina (Ramírez y Domínguez, 2011).

En Santiago (Chile) en la principal calle Avda. Bernardo O'Higgins (Alameda), el nivel de ruido se mantiene constante en diferentes puntos de medición, siendo el promedio de 82 dB, con un rango de 79-87 dB (Platzer et al., 2007).

## Conclusiones

Con relación a los elevados niveles de presión sonora detectados en la presente investigación, considerando los sectores evaluados en el periodo de tiempo, se puede afirmar que la ciudad de Maracaibo del estado Zulia, Venezuela, específicamente la Parroquia Juana de Ávila, enfrenta un problema de contaminación sonora la cual merece atención, ya que se observa una tendencia de aumento de los niveles sonoros equivalentes.

El nivel de ruido en la Parroquia Juana de Ávila, para la gran mayoría de los valores, es superior a las normas establecidas en Venezuela y las sugeridas como valores deseables por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por lo que sería necesario entonces elaborar estudios que muestren las relaciones entre la contaminación acústica y las posibles alteraciones de salud en la población, tanto físicas como psicológicas.

## Referencias

- Berglund, B., Lindvall, T. y Schwela D.H. (Eds.) (1999). *Guías para el ruido urbano*. Organización Mundial de la Salud. Cluster of Sustainable Development and Healthy Environment. Department of the Protection of the Human Environment. Occupational and Environment Health. 20 pp.
- Bressane, A., Mochizuki, P; Caram, M., Frutuoso, J. (2016). Sistema de apoyo a la evaluación del impacto del ruido sobre la salud pública. *Cad Saúde Pública Río de Janeiro*, 32 (5):1-7.
- Calixto A., Diniz F., Zannin P. (2003). The statistical modeling of road traffic noise in an urban setting. *Cities*, 20(1):23-29.
- Expósito S., Expósito J., Pedrero A., Arana M., Van Oosten N., Bueno M., Sánchez, J., Díaz C. (2013). Innovación para el control del ruido ambiental. Ediciones de Castilla-La Mancha. 333p
- Gaceta Oficial (1992). Normas sobre el control de la contaminación generada por ruido 4. 418 Extraordinario del 27 de abril de 1992, Decreto 2217.

Gaceta Municipal 495 (2003). Ordenanza Sobre Contaminación por Ruido, Municipio Chacao del Estado Miranda. 23 pp.

Gaceta Municipal 9 (2008). Ordenanza Sobre Ruidos Molestos y Nocivos, Municipio Libertador del Estado Mérida. 9 pp.

Jaramillo A., González, A. Betancur C., Correa M. (2007). Estudio comparativo entre las mediciones de ruido ambiental urbano a 1,5 m y 4 m de altura sobre el nivel del piso en la ciudad de Medellín, Antioquía – Colombia. *Dyna*. 76:157: 71-79.

Montbrun, N. (2006). Control de la contaminación por ruido en Venezuela. Trabajo de Ascenso. Departamento Mecánica. Universidad Simón Bolívar. Caracas-Venezuela.

Normas Covenin (1988). Norma Venezolana Fuentes Estacionarias, Determinación del Ruido. COVENIN 1671-1988.

Normas Covenin (1995). Norma Venezolana Ruido Ocupacional Programa de Conservación Auditiva Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación. COVENIN 1565:1995.

Pacheco J., Franco J., Behrentz, E. (2009). Caracterización de los niveles de contaminación auditiva en Bogotá: Estudio piloto. *Revista de Ingeniería*. 30: 72-80.

Plan de Ordenamiento Urbano (POU). (2005). *Zonificación del Municipio de Maracaibo OMPU/PDUM*.

Platzer L., Iñiguez R., Cevo J., Ayala F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello*. 67: 122-128.

Ramírez A., Domínguez E. (2011). El ruido vehicular urbano: Problemática agobiante de los países en desarrollo. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 35(137): 509:530

Santos, E. (2007). Contaminación sonora por ruido vehicular en la Avenida Javier Prado. *Ind Data. Perú*. 10(1): 11-15.

Suriano M., Lucas L., Rodrigues, A. (2014). A decision-support tool for the control of urban noise pollution. *Ciencia & Saúde Coletiva* 20(7): 2201-2210.

## Manejo integral de los residuos sólidos para mejorar la salud pública del distrito José Leonardo Ortiz, Chiclayo, 2019

Carmen Elvira Rosas-Prado\*  
Max Fernando Urbina Cárdenas\*\*  
Hugo Redib Espinoza Rodríguez\*\*\*  
Carla Angélica Reyes Reyes\*\*\*\*

### RESUMEN

El propósito de la pesquisa fue elaborar un plan de manejo integral de residuos sólidos para mejorar la salud pública en el Distrito Leonardo Ortiz, Chiclayo. Se enmarcó en el tipo descriptiva y con diseño, no experimental. La población, estuvo conformada por los pobladores del distrito de José Leonardo Ortiz, del departamento de Lambayeque, Perú. Según información del último censo realizado en este distrito en el año 2017, tuvo una proyección al 2019 de 201.500 pobladores. Como técnica de muestreo se utilizó el probabilístico aleatorio simple, obteniéndose un tamaño muestral de 383 habitantes. La encuesta y la entrevista fueron las técnicas que se emplearon para la recolección de información. Para determinar el nivel de confiabilidad del instrumento cuestionario, se aplicó la técnica estadística Alfa de Cronbach, arrojando una confiabilidad de 0.8127. Los resultados encontrados a través de la información recogida, muestran una problemática muy álgida en lo que respecta al manejo integral de residuos sólidos que empeora la salud pública de los habitantes de este distrito. Esta situación se presenta por la gran contaminación ambiental, producto de los residuos sólidos que se acumulan en las diferentes calles y avenidas; debido a una deficiente gestión de los funcionarios a cargo de esta comuna. No existe una planificación y coordinación adecuada entre los diferentes sectores involucrados, como la misma municipalidad, el Gobierno Regional de Salud de Lambayeque, las postas de salud, las instituciones educativas y la población en general. Toda esta situación problemática, origina que la salud pública en el distrito, sea un gran problema que afecta a la población de dicho distrito. Finalmente, la prueba Chi-cuadrado, demostró que la salud pública depende de cómo se presenta el proceso de gestión de recojo de los residuos sólidos en el distrito.

PALABRAS CLAVE: Residuos sólidos, salud pública, plan de gestión, contaminación ambiental.

\*Docente Investigadora. Universidad Señor de Sipán S.A.C. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7924-3157>. E-mail: [celvirarp@crece.uss.edu.pe](mailto:celvirarp@crece.uss.edu.pe)

\*\*Profesor Principal. Universidad Señor de Sipán S.A.C. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0474-5590>.

\*\*\*Profesor asociado. Universidad Señor de Sipán S.A.C. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0783-7770>.

\*\*\*\*Docente. Universidad Señor de Sipán S.A.C. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7333-383X>.

Recibido: 06/10/2020

Aceptado: 02/12/2020

## Comprehensive management of solid waste to improve public health in the José Leonardo Ortiz district, Chiclayo, 2019

### ABSTRACT

The purpose of the research was to develop a comprehensive solid waste management plan to improve public health in the Leonardo Ortiz District, Chiclayo. It was framed in the descriptive type and with design, not experimental. The population was made up of the residents of the José Leonardo Ortiz district, in the department of Lambayeque, Peru. According to information from the last census carried out in this district in 2017, it had a projection to 2019 of 201,500 inhabitants. The simple random probabilistic was used as a sampling technique, obtaining a sample size of 383 inhabitants. The survey and the interview were the techniques used to collect information. To determine the level of reliability of the questionnaire instrument, the Cronbach's Alpha statistical technique was applied, yielding a reliability of 0.8127. The results found through the information collected, show a very critical problem regarding the integral management of solid waste that worsens the public health of the inhabitants of this district. This situation is presented by the great environmental contamination, product of the solid waste that accumulates in the different streets and avenues; due to poor management by the officials in charge of this commune. There is no adequate planning and coordination between the different sectors involved, such as the municipality itself, the Lambayeque Regional Health Government, health posts, educational institutions and the general population. All this problematic situation, causes that the public health in the district, is a great problem that affects the population of said district. Finally, the Chi-square test showed that public health depends on how the solid waste collection management process is presented in the district.

KEY WORDS: Solid waste, public health, management plan, environmental pollution.

### Introducción

Los residuos sólidos son el producto de las distintas actividades de las personas y datan de mucho tiempo atrás. El problema de la generación de residuos sólidos se fue incrementando a medida que el ser humano fue conformando aldeas y concentrándose en las urbes, debido a que su acumulación resultó día a día, mayor; y como consecuencia de lo anterior las enfermedades y los animales que las propaga fueron incrementando. En contacto con el ambiente, el ser humano, se ha visto enfrentado siempre a la problemática de la gestión de sus residuos, el cual ha ido incrementando cada vez que las personas se van concentrando en las ciudades, grandes urbes, aumentando de manera descontrolada la cantidad de desechos

generados y causando que su control sea más difícil. Este problema afecta al ser humano y a su entorno de diferentes maneras, particularmente en su salud; además figura como una de las principales preocupaciones en el mundo debido a los efectos dañinos que produce.

Según el Manual de gestión de residuos peligrosos (2011), la irresponsabilidad de los pobladores en no cambiar los hábitos de consumo y la deficiente gestión en la disposición de los residuos han causado que sea un problema de gran magnitud a nivel mundial. Como consecuencia de lo anteriormente mencionado, en los últimos años, ha surgido, debido a los problemas ambientales, de salud, una gran preocupación, la que nació en los países con mayor desarrollo económico, lo que ha puesto en agenda afrontar los problemas generados por los residuos sólidos los cuales afectan a la salud humana por ende a los trabajadores.

Las complicaciones sanitarias por la deficiente gestión de residuos, ha influenciado directamente en el riesgo epidemiológico. La coyuntura actual derivado de los riesgos ocasionados al medio ambiente y sobre la salud pública originados por los residuos peligrosos han puesto en total atención a muchas organizaciones a nivel mundial, lo que ha conllevado a que se generen disposiciones de índole regulador (leyes, reglamentos y normas); las cuales establecen orientaciones en las conductas para evitar la proliferación del problema a fin de prevenir riesgos. Además, se exponen alternativas de tratamiento y disposición final para reducir su volumen y peligrosidad.

El acrecentamiento en la generación de residuos sólidos asociado al crecimiento de la población en la Provincia de Chiclayo, en especial en el Distrito José Leonardo Ortiz, que viene a ser el Distrito más grande y contaminado de la Provincia de Chiclayo, se pone en riesgo el medio ambiente y la salud pública debido a que existe una cultura por el consumo y la falta de conciencia en el aspecto ambiental sumado además a la ineficiencia del sistema integral para la gestión de residuos sólidos es ineficiente.

Además, existe un deficiente servicio de alcantarillado, además la recolección de residuos sólidos no se brinda de manera continua, obligando a los pobladores a desecharlos de sus viviendas haciendo uso de prácticas nada adecuadas como la quema de los mismos, colocarlos al aire libre o arrojándolos en solares, pistas o canales, originando que se descompongan emanando gases tóxicos y malos olores. Así también, producen líquidos que favorecen la contaminación denominados lixiviados, los cuales se filtran en los suelos creando un ambiente favorable para la aparición de bacterias, hongos, etc. Estos microorganismos

patógenos son los causantes de un sinnúmero de enfermedades o epidemias en la comunidad, especialmente en la población infantil y de la tercera edad. Debido a la problemática recurrente en el Distrito y el riesgo a que está expuesta la población, a sufrir problemas de salud por el inadecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos, se considera pertinente y relevante la realización de un estudio que apoye en la mejora de la salud pública de los moradores.

Investigaciones realizadas sobre el problema de los residuos sólidos, evidencian una problemática que afecta a la salud pública en diferentes localidades. Apaza (2019) en su investigación referida al Análisis del Manejo de Residuos Sólidos, cuyo propósito fue, realizar un análisis sobre el manejo de residuos sólidos en el distrito de Chuquibamba, llegó a las siguientes conclusiones: Los residuos sólidos tienen una producción per cápita de 0.50 kg/ind/día, pero solamente al considerar los domiciliarios la producción es del 0.45 kg/ind/día. Cabe mencionar la limpieza pública, almacenamiento, recolección, transporte y ubicación final de los residuos son los procesos que se cumplen de los nueve establecidos en la ley de gestión.

Rodríguez (2016), en su investigación relacionada a la evaluación de la eficiencia de gestión de residuos sólidos, cuyo propósito fue determinar su eficiencia en la municipalidad de región Cajamarca, llegó a establecer las siguientes conclusiones: El estado de la gestión de residuos sólidos, es deficiente; el 92% de las municipalidades de la región no cuentan con equipo técnico ambiental, tampoco, con trabajadores especializados en residuos sólidos y con mecanismos para hacer efectivo el cobro por el servicio de limpieza pública; no se destinan los recursos para el cumplimiento del Plan Integral de Gestión Ambiental; y finalmente, las unidades de gestión relacionadas a la parte ambiental no han sido implementadas por las entidades a cargo.

Huaman (2018), realizó un trabajo académico sobre el manejo de residuos sólidos en entidades de salud, el cual tuvo como objetivo, describir el manejo de residuos sólidos de establecimientos de salud en el Centro Salud Pueblo Joven. Las conclusiones a que arribó fueron: la precariedad, por parte del personal del Centro de Salud, en el conducción de los residuos sólidos debido a que no cumplen con las normas técnicas de la ley general de residuos sólidos; la producción de los residuos biocontaminados se presenta en mayor cantidad a la de los residuos comunes, evidenciando que no existe adecuada separación y

manejo de los residuos en el punto de origen y en todas las fases de manipulación de los mismos por parte del personal; el centro de salud no cuenta con una comisión que gestione eficientemente los residuos sólidos, materiales, insumos, indumentaria para el personal e infraestructura para el almacenamiento terminal de los residuos, son insuficientes.

Velásquez (2017), en su investigación relacionada a la gestión de residuos sólidos en espacios urbanos, el cual tuvo como objetivo, precisar las características del poblador en relación al proceso de implementación del Plan Integral de Gestión. Culminada la investigación se establecieron las siguientes conclusiones: Los pobladores almacenan los residuos sólidos sin selección previa, los ubican al interior de la casa o en los patios, también los vierten en la calle o los queman; según la percepción de los pobladores, el recojo y transporte realizado por el municipio de residuos es diferenciada y se desarrolla con equipos, vehículos y maquinarias los cuales son obsoletos y además aparecen un cantidades menores, el personal improvisado sin la experiencia debida limitando el óptimo provecho del sistema de recolección y traslado a los lugares finales; la población desconoce sobre los programas de manejo y gestión de residuos, no es participativa y no se inmiscuye en ellos debido a la casi nula comunicación municipal referida a proyectos y actividades que programan desde el municipio.

Ante esta situación problemática se formuló el problema de investigación: ¿De qué manera un sistema manejo integral de residuos sólidos mejorará la salud pública del distrito José Leonardo Ortiz, Chiclayo 2019?, el cual orientó a la investigación a aportar al mejoramiento de la salud pública del distrito más populoso y contaminado de la región Lambayeque, a través del manejo integral de los residuos sólidos.

Elaborar un plan de manejo integral de residuos sólidos para mejorar la salud pública en el distrito Leonardo Ortiz, Chiclayo 2019, fue el propósito principal; para alcanzar dicho objetivo, se plantearon los objetivos específicos: describir el proceso de recolección de los residuos sólidos en el distrito de José Leonardo Ortiz, diagnosticar la situación actual de la salud pública causada por los residuos sólidos en el distrito José Leonardo Ortiz, y diseñar el plan de manejo integral de los residuos sólidos para la mejora de la salud pública en el distrito.

## 1. Material y método

La pesquisa es de tipo descriptiva, de diseño pre experimental. El universo estuvo constituido por los pobladores del distrito. Según información del último censo en este distrito en el año 2017, se tuvo un total de 197 627 habitantes, con una proyección al 2019 de 201 500 pobladores. Para la obtención de la muestra se aplicó la técnica del muestreo probabilístico aleatorio simple, empleando el caso del cálculo del tamaño de muestra para proporción población finita, siendo el tamaño de la muestra 383 pobladores. Las técnicas de recolección de información fueron la encuesta, dirigida a la consulta y opinión sobre los residuos sólidos y salud pública de los pobladores; y la técnica entrevista al funcionario encargado de la recolección de residuos sólidos. El cuestionario fue sometido a evaluación a juicio de expertos, y el proceso de fiabilidad, mediante la técnica alfa de Cronbach, obteniendo una confiabilidad de 0.812731.

## 2. Resultados

### 2.1. Residuos sólidos

Tabla 1

*Le gustaría recibir capacitación para el mejor manejo de los residuos sólidos que se producen en su hogar*

Categoría	$f_i$	$f_i\%$	$F_i\%$
Totalmente en desacuerdo	1	,3	,3
Desacuerdo	9	2,3	2,6
No sabe	8	2,1	4,7
De acuerdo	110	28,6	33,3
Totalmente de acuerdo	256	66,7	100
Total	384	100	

Fuente: Base de datos del cuestionario

**Tabla 2**

*Considera usted que la municipalidad de su distrito tiene participación directa en el incremento de la basura en las calles*

Categoría	$f_i$	$f_i\%$	$F_i\%$
Totalmente en desacuerdo	60	15,6	15,6
Desacuerdo	91	23,7	39,3
No sabe	36	9,4	48,7
De acuerdo	39	10,2	58,9
Totalmente de acuerdo	158	41,1	100
Total	384	100	

Fuente: Base de datos del cuestionario

**Tabla 3**

*Usted cree que es necesario un programa para aprovechar los residuos sólidos que genera su distrito*

Categoría	$f_i$	$f_i\%$	$F_i\%$
Totalmente en desacuerdo	1	,3	,3
Desacuerdo	1	,3	,5
No sabe	1	,3	,8
De acuerdo	123	32,0	32,8
Totalmente de acuerdo	258	67,2	100
Total	384	100	

Fuente: Base de datos del cuestionario

**Tabla 4**

*En su comunidad están organizados para generar alternativas de mejora en el recojo de la basura*

Categoría	$f_i$	$f_i\%$	$F_i\%$
Totalmente en desacuerdo	187	48,7	48,7
Desacuerdo	119	31,0	79,7
No sabe	3	,8	80,5
De acuerdo	24	6,3	86,7
Totalmente de acuerdo	51	13,3	100
Total	384	100	

Fuente: Base de datos del cuestionario

## 2.2. Salud pública

**Tabla 5**

*La contaminación en su distrito afecta la salud de sus pobladores*

Categoría	f <sub>i</sub>	f <sub>i</sub> %	F <sub>i</sub> %
Totalmente en desacuerdo	3	,8	,8
Desacuerdo	2	,5	1,3
No sabe	1	,3	1,6
De acuerdo	38	9,9	11,5
Totalmente de acuerdo	340	88,5	100
Total	384	100	

Fuente: Base de datos del cuestionario

**Tabla 6**

*Considera usted que la municipalidad y el Ministerio de Salud debe actuar conjuntamente para prevenir la contaminación del medio ambiente*

Categoría	f <sub>i</sub>	f <sub>i</sub> %	F <sub>i</sub> %
Desacuerdo	2	,5	,5
No sabe	2	,5	1,0
De acuerdo	57	14,8	15,9
Totalmente de acuerdo	323	84,1	100
Total	384	100	

Fuente: Base de datos del cuestionario

**Tabla 7**

*Las enfermedades más frecuentes en su distrito son las diarreas e infecciones respiratorias*

Categoría	f <sub>i</sub>	f <sub>i</sub> %	F <sub>i</sub> %
Totalmente en desacuerdo	5	1,3	1,3
Desacuerdo	2	,5	1,8
No sabe	10	2,6	4,4
De acuerdo	123	32,0	36,5
Totalmente de acuerdo	244	63,5	100
Total	384	100	

Fuente: Base de datos del cuestionario

Tabla 8

Distribución de frecuencias entre la percepción de la salud pública y residuos sólidos. Distrito José Leonardo Ortiz, Chiclayo 2019.

Salud pública	Residuos sólidos			Total
	Deficiente	Eficiente	Regular	
Adecuada	36 9,4%	7 1,8%	11 2,9%	54 14,1%
Deficiente	185 48,2%	17 4,4%	46 12,0%	248 64,6%
Regular	45 11,7%	13 3,4%	24 6,3%	82 21,4%
Total	266 69,3%	37 9,6%	81 21,1%	384 100%

Fuente: Base de datos del cuestionario

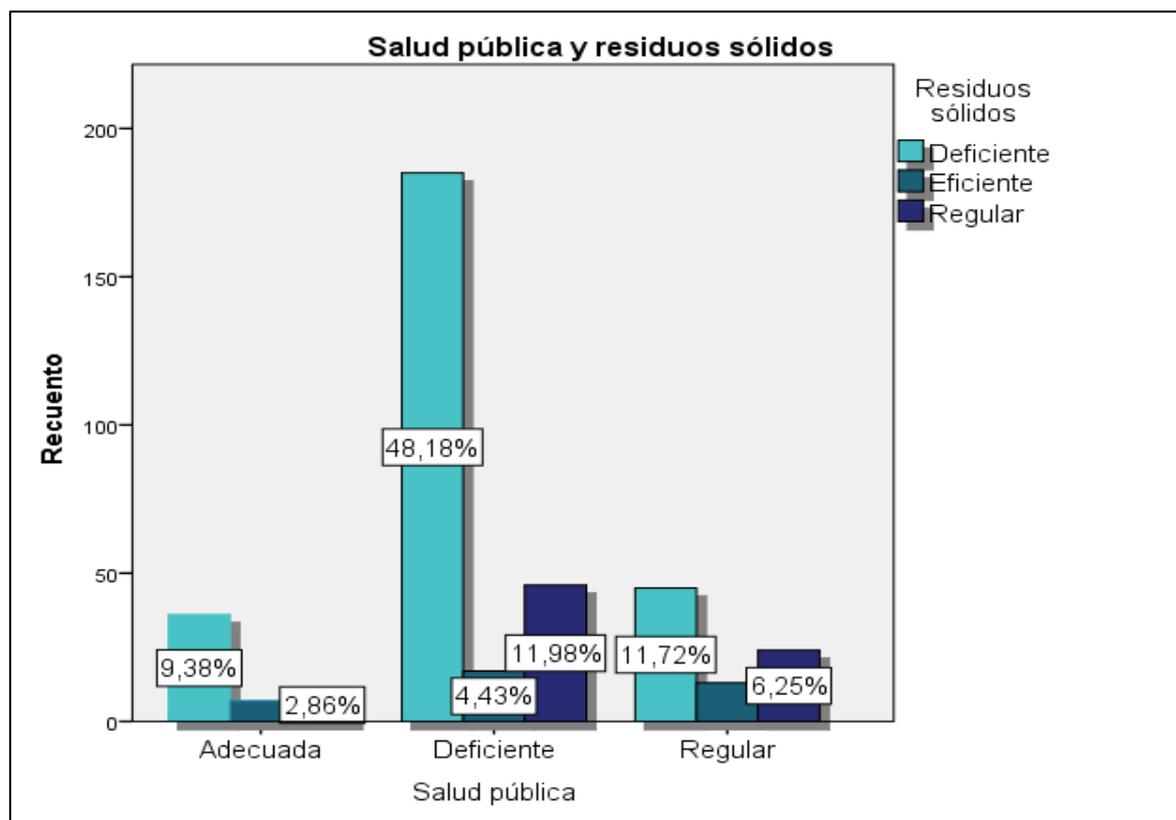


Figura 1. Se observa en la figura, que un 48,18% de los encuestados afirmaron que la salud pública y el proceso de recojo de los residuos sólidos, es deficiente. Cabe enfatizar, que un 11,98% de los encuestados que afirmaron que la salud pública era deficiente, señalaron que el proceso de recojo de residuos sólidos era regular. Por otro lado, se observa que apenas un 1,8% de los encuestados afirmaron que la salud pública era adecuada y el proceso de recojo de residuos sólidos eficiente. Ver tabla 8.

### 3. Prueba de hipótesis

a) Planteamiento de hipótesis estadísticas:

$H_0$ : La percepción de la salud pública es independiente de la percepción del recojo de los residuos sólidos.

$H_1$ : La percepción de la salud pública no es independiente de la percepción del recojo de los residuos sólidos.

b) Nivel de significación:  $\alpha = 0,05$

c) Regla de decisión: Si  $p\text{-valor} \geq \alpha$  entonces  $H_0$ , se acepta; caso contrario,  $H_0$  se rechaza.

Tabla 9

*Prueba Chi Cuadrado entre la percepción de la salud pública y el recojo de residuos sólidos. Distrito José Leonardo Ortiz, Chiclayo 2019.*

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	12,795 <sup>a</sup>	4	,012
Razón de verosimilitud	12,332	4	,015
N de casos válidos	384		

a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 5,20.

En la tabla 9 se presenta la prueba Chi Cuadrado entre la percepción de la salud pública y la percepción del recojo de residuos sólidos de los pobladores, en la que se observa que el  $p$ -valor (Significación asintótica (bilateral)) para Chi-cuadrado de Pearson es 0,012; menor al nivel de significación ( $\alpha = 0,05$ ); por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que existen suficientes evidencias estadísticas significativas para afirmar que la percepción de la población sobre la salud del proceso de recojo de los residuos sólidos en el distrito.

#### 4. Discusión

El distrito de José Leonardo Ortiz, perteneciente a la provincia de Chiclayo, Lambayeque, es uno de los distritos más populosos, pues tiene el mayor índice poblacional, su población alcanza a los 165 453 habitantes según el censo 2007. Otra de las actividades es el comercio, debido a la existencia de uno de los centros de abastos más grande, donde los comerciantes mayoristas y productores agrícolas, llevan sus productos para la venta al por mayor. Asimismo, hay numerosos talleres de reparación de vehículos automotores y maquinarias, carpinterías de madera y metálicas, manufacturas de losetas, de hielo, de ladrillos y adobes, curtiembre y numerosas tiendas comerciales.

El propósito de esta investigación, es evidenciar la problemática que atraviesa este distrito, con dos problemas interrelacionados: los residuos sólidos y la salud pública, por lo que se pretende elaborar un plan de manejo integral de residuos sólidos para mejorar la salud pública en el distrito Leonardo Ortiz.

En la encuesta aplicada a la población y la entrevista al funcionario a cargo de la administración de los residuos sólidos, evidencia una pésima gestión en el municipio, para la solución de este gran problema que presenta este distrito, por décadas. En julio del 2018 el distrito aprobó la implementación de actividades de las líneas de acción del Plan de Manejo de Residuos Sólidos, con la finalidad de realizar diferentes acciones de trabajo, entre ellas elaborar un estudio para la gestión final de los residuos sólidos en un relleno sanitario; también, fomentar capacitaciones al personal municipal y a las diferentes instituciones de la sociedad civil, con el apoyo de Organizaciones No Gubernamentales (ONG).

A pesar de dicha iniciativa, se evidencia que la municipalidad, no cuenta con un plan de gestión definido, estructurado, sistemático, que gestione de manera eficiente y efectiva el recojo de los residuos sólidos, no existe una planificación, organización, ni una adecuada toma de decisiones, para hacer frente a esta problemática. No hay coordinación entre las diferentes áreas implicadas en este proceso.

Según se muestra en la información presentada en las tablas y figuras, para el caso de recojo de los residuos sólidos, no existe una oportuna recolección, originando olores desagradables y contaminación del ambiente. Este proceso se ve de igual manera en otras localidades del Perú, como en el distrito de Chuquibamba, en la que la investigación realizada por Apaza (2019), manifiesta que en ese distrito solo se cumplen cinco procesos o actividades,

el de limpieza de lugares públicos, almacenamiento, recolección, transporte y su disposición final.

Con respecto a la gestión de la municipalidad, en cuanto a la participación que tiene en el incremento de la basura en las calles, se observó que la mayoría de la muestra consultada, afirmó que estaba de acuerdo (10.2%) y muy de acuerdo (41.1%) con dicha actividad. Según Rodríguez (2016), en las conclusiones encontradas en su investigación, apoya lo encontrado en esta investigación, donde afirma que es deficiente el estado de la gestión de residuos sólidos. De igual manera, Saavedra (2017) afirma que no contar con un adecuado programa en gestión de residuos y el incumplimiento del mismo, coadyuva a limitar a los involucrados en el sistema de mejoramiento de la prestación pública de limpieza; profundizan el problema la deficiencia en la comunicación y entrega de materiales y realizadas por las autoridades de turno, también el desinterés de la sociedad en mejorar el nivel de conciencia que proteja el medio ambiental.

En cuanto a los resultados encontrados, en lo que respecta a la salud pública, mediante la consulta a los pobladores, se evidencia que se observa una situación que afecta de manera negativa al bienestar de la población, ya que al haber grandes acumulaciones de residuos sólidos durante mucho tiempo, en diferentes zonas del distrito, incrementan el crecimiento de bacterias, insectos, animales infecciosos que desarrollan múltiples enfermedades, como infecciones respiratorias y gastro intestinales. Es sabido que en nuestro medio existen bacterias patógenas como las Bacterias *Salmonella* sp., y *Escherichia coli*, que contaminan el agua potable y producen diarrea con cuadros generales febriles y potencialmente mortales, como la fiebre tifoidea (*Salmonella typhi*). Las bacterias patógenas, en general, llegan al agua desde las heces humanas o de animales.

Otra problemática que presenta el distrito, es en lo que compete a la capacidad logística, equipos, compactadoras, camiones recolectores, etc. Como lo afirma el funcionario de la Municipalidad, existen pocas unidades y falta de personal, para la recolección de la basura, de igual manera existen problemas en la logística, lo que imposibilita poder abarcar las 18 zonas sectorizadas en el distrito. Otro aspecto dificultoso, es cuanto al volumen promedio de basura que se acumula y se recoge por día, el cual se puede observar a simple vista, en el recorrido por las diferentes zonas de la ciudad. En muchas ciudades de nuestro país, se presenta este problema, como es en el caso de Puno, Velásquez (2017) afirma que la

recolección y transporte municipal de residuos no es la misma en diferentes zonas y se cuentan con pocas herramientas, equipos, vehículos y maquinarias, los cuales no se renuevan y son insuficientes; además cuentan con personal improvisado sin la experticia debida.

En cuanto a la participación y cultura ciudadana de la población del distrito de José Leonardo Ortiz, se observa una falta de compromiso ciudadano con su localidad y comunidad, carencia de valores y actitudes sobre la conservación del medio ambiente y el manejo de los residuos sólidos. Al ser consultada la población sobre este aspecto, se pudo determinar que tenían una predisposición favorable para recibir capacitación en el manejo de los residuos sólidos, estando de acuerdo (28.6%) y totalmente de acuerdo (66.7%). Esto se ve corroborado en una investigación realizada en Sallique, Jaén, en el 2015, en que se encontró que los programas de concientización, compostaje y reciclaje regulados bajo el sistema de administración de residuos sólidos lograron disminuir los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en el botadero municipal, además de reducir los vectores y enfermedades en la comunidad. Arca (2017), afirma que los pobladores aplican procedimientos para tratar sus residuos sólidos mediante reciclaje y compostaje en sus propios hogares.

Es necesario, seguir realizando investigaciones relacionadas con esta problemática tan enraizada en muchas localidades. La deficiente gestión de los residuos sólidos muestra una indiferencia por parte de las diferentes instituciones públicas y estatales, como las municipalidades distritales y provinciales, así como, los gobiernos regionales. Dichas instituciones, son las que dentro del marco legal, deben encargarse de realizar una eficiente gestión, coordinando con la población y los centros de salud, entre otras instituciones involucradas.

Por otro lado, de los resultados encontrados, se desprende información necesaria para la comunidad de este populoso distrito y de la Municipalidad de José Leonardo Ortiz, ya que contribuye a poner en evidencia un problema que es evidente a todas luces por la población. Por ello, el plan, basado en un diagnóstico sobre la problemática, los conocimientos teóricos, y las experiencias en localidades como Jaén, Piura, Cajamarca, Tarapoto, Abancay, Puno entre otros, permitió diseñar un plan de manejo integral de residuos sólidos, cuyas líneas de acción son: fortalecimiento de capacidades cuya meta es sensibilizar a la población, autoridades municipales, instituciones educativas y organismos civiles; fortalecimiento institucional y la

implementación de talleres que ayuden a incorporar en sus ordenanzas municipales revalorar la gestión municipal, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población.

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se ha llegado a las conclusiones que se indican a continuación:

La investigación muestra la realidad actual de la gestión de residuos sólidos, siendo esta deficiente, que se ve evidenciado, a través de las grandes acumulaciones de residuos sólidos en diferentes puntos de la ciudad, de los pueblos y de los asentamientos humanos. Dichos residuos se acumulan durante muchos días, propiciando contaminación ambiental, lo que origina, plagas y diferentes tipos de enfermedades infecciosas, afectando la salud pública en el distrito de José Leonardo Ortiz.

Existe una deficiente gestión por parte de los directivos y funcionarios de la municipalidad, ya que no se cuenta con un plan de gestión de residuos sólidos, que tenga las políticas, procesos de planificación, organización, dirección y evaluación, que permitan un trabajo eficiente y articulado para mejorar el recojo de los residuos sólidos.

No se cuenta con un sistema logístico e informático que apoyen la gestión de recojo de los residuos sólidos. La implementación de estos sistemas, permitirían la coordinación, monitoreo y control de los recursos de la municipalidad y de los presupuestos asignados por el gobierno central.

La falta de cultura y compromiso ciudadano, en lo que respecta al cuidado de su medio ambiente, se ve evidenciado en las grandes acumulaciones de basura en los diferentes lugares de la ciudad. La presencia de un fuerte crecimiento del comercio ambulatorio, el desorden vehicular, la infraestructura vial, son otros problemas que incrementan el caos en este distrito, fomentando no solo la contaminación mediante residuos sólidos, sino también, la contaminación auditiva.

En cuanto a la salud pública, las grandes acumulaciones de basura en muchas zonas del distrito, propicia la presencia de mosquitos, moscas, zancudos, aves carroñeras, perros callejeros; siendo un caldo de cultivo para la el desarrollo de diferentes enfermedades infecciosas, respiratorias, dérmicas, intestinales, que afectan a la población, con mayor incidencia en los niños. Cabe señalar, que no existe coordinación entre la municipalidad y los

centros de salud para realizar actividades de prevención, vacunación y saneamiento ambiental.

El análisis estadístico inferencial, realizado mediante la prueba Chi-cuadrado, para determinar la relación entre las variables en estudio, nos permite concluir que la percepción de la población sobre salud pública depende del proceso de gestión de recojo de los residuos sólidos en el distrito de José Leonardo Ortiz.

## Referencias

Apaza Cotrado, J. (2019). "Análisis del Manejo de Residuos Sólidos en el Distrito de Chuquibamba, Considerando la Nueva Ley de Residuos sólidos; Arequipa 2018". Arequipa, Arequipa, Perú. Recuperado el 03 de Julio de 2020, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9585/UPapcoj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arca Rubio , N. A. (2017). *Sistema de Gestión Integral Municipal para el manejo de Residuos Sólidos en el distrito de Sallique, Jaén, 2015*. Chiclayo, Chiclayo, Perú. Recuperado el 03 de Julio de 2020, de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10859/arca\\_rn.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10859/arca_rn.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Huaman Robles, I. (2018). *Manejo de residuos solidos de establecimientos de*. Callao, Callao, Perú. Recuperado el 03 de Julio de 2020, de [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3013/Huaman%20Robles\\_IF2DA\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3013/Huaman%20Robles_IF2DA_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rodríguez Peralta, A. (2016). *Evaluación de la eficiencia de gestión de residuos sólidos de las municipalidades provinciales de la región cajamarca conforme a la Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento*. Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado el 03 de Julio de 2020, de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1307/26709341%20ALICIA%20%20R.ENE%20RODR%c3%8dGUEZ%20PERALTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Saavedra Tuanama, C. (2017). "Nivel de cumplimiento del artículo 75°-Decreto Supremo N° 057-2004 para la transferencia final de los residuos sólidos domiciliarios por parte del área de sanamiento ambiental de la Municipalidad de Tarapoto, año 2015". Tarapoto, Tarapoto, Perú. Recuperado el 03 de Julio de 2020, de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23375/saavedra\\_tch.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23375/saavedra_tch.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Velásquez Alarcón, P. L. (2017). *Gestión de residuos sólidos urbanos en Puno: factores que limitan su adecuada implementación*. Puno, Puno, Perú. Recuperado el 03 de Julio de 2020, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5533/MDDvealpl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## Condiciones de optimización del desgaste de neumáticos radiales para buses de transporte

John Eduardo Valle de la Cruz \*  
Rafael Gilberto Zhindon Almeida \*\*  
Jonathan Alexander Ruiz Carrillo \*\*\*

### RESUMEN

Para discriminar los efectos de factores controlables que inciden en la duración de los neumáticos radiales aplicados en buses de transporte, en función del ritmo de desgaste de la banda de rodamiento, se aplica un análisis no lineal de estimación con ecuaciones. Se verifica que un control de presión de inflado, índice de carga y velocidad pueden incrementar el tiempo de vida útil de las llantas. La población la conformaron neumáticos instalados en cooperativas de transporte terrestre de personas, que circulan en la Provincia El Oro de Ecuador. Se registraron 1463 datos de 61 marcas, con diferentes dimensiones tipo R17.5 y R22.5. El modelo establecido es factible, y los resultados pueden reflejar las condiciones de mejor uso o incremento de vida útil, lo que proporciona una base teórica para predecir el desgaste que experimentarán los neumáticos en diferentes tipos de aplicación y condiciones de manejo.

**PALABRAS CLAVE:** Neumáticos de transporte, ritmo de desgaste, índice de carga, índice de velocidad.

\*Máster Universitario en Energías Renovables. Doctorando en Estadística y Matemática Aplicada. Institución de adscripción: Universidad Nacional de Tumbes. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6045-7393>. E-mail: john\_electric@hotmail.com

\*\*Máster Universitario en Energías Renovables. Doctorando en Estadística y Matemática Aplicada. Institución de adscripción: Universidad Nacional de Tumbes. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3901-1829>. E-mail: rzhindon.itso@gmail.com

\*\*\* Doctor en Ingeniería Industrial – UNMSM. Máster en Docencia Universitaria e Investigación Educativa – UTMACH. Director de la Unidad de Investigación Desarrollo e Innovación Tecnológica del Instituto Superior Tecnológico El Oro - Machala – Ecuador. Institución de adscripción: Instituto Superior Tecnológico El Oro. ORCID: [orcid.org/0000-0002-9183-0004](https://orcid.org/0000-0002-9183-0004). E-mail: jruiuz@utmachala.edu.ec

Recibido: 29/10/2020

Aceptado: 09/12/2020

## Radial tire wear optimization conditions for transport buses

### ABSTRACT

To discriminate the effects of controllable factors that affect the duration of radial tires applied on transport buses, depending on the tread wear rate, a nonlinear analysis of estimation with equations is applied. It is verified that a control of inflation pressure, load index and speed can increase the lifetime of the tires. The population was made up of tires installed in land transport cooperatives of people, which circulate in the El Oro Province (Ecuador). 1463 data from 61 brands were registered, with different dimensions type R17.5 and R22.5. The established model is feasible, and the results may reflect the conditions of better use or increase of useful life, which provides a theoretical basis for predicting the wear that the tires will experience in different types of application and driving conditions.

KEY WORDS: Transport tires, wear rate, load index, speed index.

### Introducción

Las emisiones de carbono que producen los neumáticos fuera de uso se incrementan con su constante descarte por desgaste y fallas, que a menudo se presentan por la mala aplicación o deficiente control de estos neumáticos luego de haberse instalado. Dependiendo del tipo de recorrido, carga soportada, velocidad promedio y otras condiciones de operación, se deben instalar neumáticos acordes a estos factores. Sin embargo, la inexperiencia, impericia o falta de asesoría suele provocar que las personas responsables de una unidad de transporte no consideren estos elementos e instalen neumáticos en función del precio, profundidad de labrado o por emulación (Rodvalho and Tomi, 2017; Colfecar, 2014).

La correcta selección de un neumático optimizará o maximizará su tiempo de vida útil, siempre y cuando se lleve un control adecuado sobre variables como la presión de inflado y una rotación periódica, aparte de otras medidas de cuidado útiles, como el emparejamiento adecuado de llantas en dual y mantener en buenas condiciones mecánicas la unidad de transporte (Ejsmont et al., 2016; Hong et al., 2013).

En muchos estudios se ha comprobado que la presión de inflado tiene un efecto directo sobre la duración de un neumático, y esa presión está determinada por las dimensiones de la llanta y la carga que deben soportar. En nuestro estudio se controla este factor para enfocarnos en otros, tales como la clasificación de capas o (Ply Rating), carga promedio, velocidad media de recorrido, diseño de labrado, y su efecto sobre los

neumáticos, tomando registros en periodos de tiempo constantes (Taghavifar and Mardani, 2013; Richard et al., 2015)

Otros estudios han comprobado que el desgaste de las llantas es mayor al principio de su vida útil, es decir, cuando son nuevas, y conforme continúan en uso el ritmo de desgaste disminuye. Se han propuesto varias formas de estimar la degradación por fricción de las llantas, pero poco se precisa sobre sus factores condicionantes en una sola metodología de cálculo (Cabrera et al., 2004; Chen et al., 2018).

## 1. Presentación del estudio específico

El objetivo de la presente investigación es caracterizar una metodología de estimación del ritmo de desgaste de un neumático, para lo cual se toma como referente una base de datos de los buses de transporte que circulan en la provincia de El Oro; y se ha seleccionado esta provincia por ser una de las más diversas del Ecuador en condiciones climáticas y tipos de carreteras, por lo cual se pueden generalizar los resultados del estudio a nivel nacional (Noblecilla et al., 2016).

Por lo general, se pueden clasificar los tipos de ruta en asfaltadas de larga distancia, urbano o regional, mixto o asfalto-destapado y, terreno severo o de construcción. No obstante, nos centramos en buses de transporte de personas, así que para esta clase de vehículos los neumáticos para terreno severo se consideran mal aplicados; tampoco se consideran los neumáticos de uso especial como los para nieve, de aplicación agrícola o de tipo industrial, es decir, para maquinaria muy pesada (Wang et al., 2004; Sakhaeifar et al., 2018).

En definitiva, en este estudio se verifica la incidencia en el ritmo de desgaste de la presión de inflado, carga soportada y condiciones de operación de los neumáticos en su tiempo de vida útil, cuando se mantienen relativamente constantes las rutas de transporte, los neumáticos instalados y, llevando un control periódico de las presiones de inflado y velocidad promedio de circulación de los buses donde están instaladas las unidades muestreadas.

## 2. Métodos

Con la finalidad de verificar la incidencia de la presión de inflado, carga soportada y condiciones de operación de los neumáticos en su tiempo de vida útil, se analizan

indicadores como la presión de inflado promedio (medida en libras por pulgada cuadrada o psi, cada psi equivale a 6894.76 Pascales de presión), índice de presión, carga promedio soportada (medida en Kilogramos o Kg, también se puede medir en toneladas o Ton), índice de carga, velocidad promedio de recorrido (medida en Kilómetros por hora o Km/h), índice de velocidad, diseño de corona aplicado, tipo de carretera y, ritmo de desgaste de los neumáticos muestreados, medido en milímetros o mm (Taghavifar and Mardani, 2013).

La población la componen los neumáticos instalados en las cooperativas de transporte que circulan en Machala y la Provincia de El Oro, Ecuador. La muestra es representativa de la población total, logrando reunir un total de 1463 datos, correspondiente a 627 unidades de transporte, de 17 cooperativas o compañías; con lo que se reunió registros de 61 marcas de neumáticos con diferentes dimensiones radiales R17.5 y R22.5.

Para evitar variaciones, a los representantes de las diferentes compañías participantes y sus miembros se les solicitó mantener sin cambios las rutas de transporte de los autobuses y los neumáticos instalados y, se llevó un control periódico cada 15 días de las presiones de inflado y la velocidad promedio de circulación de los buses donde están instaladas las unidades muestreadas. Además, de no cambiar los neumáticos de las unidades, se recomendó únicamente rotarlos. En los casos en los que algún neumático fue retirado de un bus por falla, desgaste o cualquier otra razón, no se procedió a tomar datos y/o se cerró el registro para dicho bus; esto también aplicó a los buses que por razones particulares alteraron su recorrido habitual (Rodvalho and Tomi, 2017; Ejsmont et al., 2016).

Las cooperativas de transporte consideradas fueron: Cooperativa 6 de Octubre, Cooperativa Ciudad de Machala, Multioro S.A. y Oroconti S.A. de recorrido urbano; Centinela del Sur, Cooperativa Azuay, Cooperativa El Guabo, Cooperativa Piñas Interprovincial y Cooperativa TAC de recorrido regional; Cooperativa de Transporte Interprovincial Pasaje, Cooperativa de Transporte Oro Express y Cooperativa de Transportes Victoria S.A. de recorrido en carreteras mixtas; y, CIFA, Cooperativa de Transporte Panamericana, Cooperativa de Transportes Loja Internacional, Cooperativa Ecuatoriano Pullman y Rutas Orenses de recorrido en carreteras pavimentadas de larga distancia. El instrumento de investigación incluía los elementos descritos en la Tabla 1, que contiene todos los indicadores requeridos para verificar el supuesto principal.

Tabla 1. Ficha de control usada como instrumento de investigación

FICHA CONTROL	Cooperativa o						
	Compañía						
	Placa del Bus						
	Tipo de carretera			Pavimentado larga distancia / Regional / Urbano / Mixto			
	Periodo / Fecha						
Ítem	Descripción	Neumático 1	Neumático 2	Neumático 3	Neumático 4	Neumático 5	Neumático 6
1	Marca del neumático						
2	Modelo del neumático						
3	Medida del neumático						
4	Remanente (mm)						
5	Presión registrada (psi)						
6	Índice de presión						
7	Ply Rating						
8	Índice de Carga Simple						
9	Índice de Carga Dual						
10	Carga promedio (Kg)						
11	Índice de velocidad						
12	Velocidad media (Km/h)						
13	Diseño de corona						
14	Observaciones varias						

## 2.1. Procedimiento de análisis

El presente estudio sigue un proceso cuantitativo; una vez definidos los indicadores a medir, para el análisis de resultados el diseño de investigación fue experimental, con un mínimo grado de control de las variables presión de inflado, carga soportada y condiciones de manejo, es decir, una pre-experimentación; se aplica un análisis estadístico exploratorio, descriptivo e inferencial, con ayuda del software IBM SPSS 23 versión de prueba. Las características estadísticas exploratorias de los indicadores incluidos en el análisis se obtuvieron con la opción Estadísticos descriptivos, sub-opción Frecuencias.

Las estimaciones de desgaste de la banda de rodadura o ritmo de desgaste de los neumáticos se realizaron usando Modelos lineales generalizado (GLM), sub-opción Ecuaciones de estimación generalizadas (GEE). En el tratamiento agrupamos los datos, primero por número de registros obtenidos (que estadísticamente es recomendable que sean al menos 5), luego por placa del vehículo y después por número del neumático. Estos tres filtros eliminan la posibilidad de que se repita la información o se mezcle e invalide los

resultados, además de considerar comparaciones equitativas en función del número de registros que se hayan obtenido en cada bus. Para categorizar los datos resultantes se usó como variable de ponderación de escala a la medida del neumático, siendo esta ponderación más alta cuanto mayor es la dimensión de la llanta, pues la mayoría son R22,5.

Los factores predictores serían el periodo, la presión registrada, la carga promedio y la velocidad media. Los elementos covariables utilizados fueron el ply rating, el índice de presión, índice de carga simple y dual, índice de velocidad y diseño de corona aplicado, verificando la interacción entre los factores, covariables y el elemento dependiente. Se establece el modelo de estimación usando la distribución gamma con enlace logarítmico dado que la respuesta de desgaste no es lineal (Chen et al., 2018; Montgomery et al., 2013). El valor pronosticado del predictor lineal nos permitirá identificar los menores valores de desgaste de acuerdo con los registros obtenidos.

A continuación, se hizo una comparación de las medias de desgaste de las bandas de rodadura de las diferentes marcas, modelos y medidas de llantas usando la opción Comparar medias, sub-opción Medias. La variable dependiente en este caso será el valor pronosticado del predictor lineal anteriormente obtenido. Las capas de filtrado fueron los registros, número de neumático, marca, modelo y medida. Para contraste se usaron las medias y desviaciones estándar de cada caso. Con esto, se pudo establecer un ranking de los tipos de neumáticos que evidenciaron el menor ritmo de desgaste de la banda de rodadura para las distintas aplicaciones. Los mejores valores serán los que tengan el promedio más bajo con la menor desviación estándar. Esto último puede verificarse calculando el límite superior (media + desviación) del valor de desgaste de cada caso, definido por marca, modelo y medida de neumático.

Por último, las ecuaciones para predicción del desgaste se estimaron con ayuda del mismo software IBM SPSS con la opción Regresión, sub-opción Lineales. La variable dependiente vuelve a ser el valor pronosticado del predictor lineal, ingresando las variables de periodo, carga promedio, velocidad media y presión registrada. En la ecuación general la variable de selección fue Registros, siempre que sean al menos 5. La ponderación se volvió a hacer en función de la medida del neumático, identificando las marcas como casos. Y, en las ecuaciones específicas por tipo de carretera, se tomó este componente como variable de selección, ponderando según los registros obtenidos (Montgomery et al., 2013).

### 3. Resultados

Los estadísticos descriptivos se resumen en que se obtuvieron 1463 datos de buses, con un total de 8778 registros por los 6 neumáticos. No hubo casos perdidos. El 37.3 % de los buses circulan en trayectos urbanos y el 28.4 % en regional. Para el diseño de corona no se hace esta diferenciación, contabilizando 62.6 % de neumáticos con diseño regional, es decir, que conjuga urbano y regional. Del 78.3 % de las llantas se recogieron entre 1 y 4 registros, y del 21.7 % se contabilizaron al menos 5 datos secuenciales. Para el modelo sólo se consideró este último grupo.

La compañía de donde se obtuvieron más datos fue de Oroconti S.A. con el 16.6 %, seguido de la cooperativa Ciudad de Machala con el 11.7 %. La marca de neumático más popular fue Barum con 21.8 % del total válido, con igual porcentaje para su modelo BF 12. La medida típica fue la 295/80R22.5 que representó el 74.4 % de registros. Más del 75 % de las presiones registradas se ubican por encima de los 95 psi. El índice de presión habitual fue de 120 psi (78.7 %). El 79.5 % de las llantas tiene un Ply Rating H o 16 capas equivalentes.

Los índices de carga en singular son 152 y en dual 148 con el 73.9 y el 65.2 % de frecuencia respectivamente.

La carga promedio se estima en 2500 Kilogramos (Kg) el 92.5 % de las veces, partiendo de una masa total del automotor de 15 Toneladas (Ton) distribuida en 6 neumáticos (este promedio es aproximado pues la carga no se distribuye de manera uniforme). El índice de velocidad más común fue M, es decir, 130 Kilómetros por hora (Km/h) con el 62.8 %. La velocidad media sugerida para control fue inferior a 50 Km/h el 86.7 % de las veces. Las observaciones considerables más comunes fueron desgaste irregular (10.7 %), válvula sin tapón y fuga de aire (ambas se presentaron con el 10 % de frecuencia).

Para estimar las ecuaciones no se usaron todos los datos puesto que los neumáticos de los que se obtuvieron entre uno y cuatro registros no proporcionaban suficiente información para caracterizar su ritmo de desgaste. Por esta razón se validaron 1902 (21.7 %) de los registros, que lo componen aquellos neumáticos de los que se obtuvieron de 5 a 10 datos secuenciales (10 fue el número máximo de registros, esto no fue restringido), contando con información efectiva de 54 buses, 6 neumáticos por cada uno. Esto último se presenta en las estimaciones de parámetro (desgaste) como niveles o filtros de efecto sujeto.

La información descriptiva básica de los indicadores considerados se muestra en la Tabla 2. Se puede verificar las escalas obtenidas en cada indicador con los mínimos y

máximos. Para diseño de corona se entiende 1 de larga distancia y 4 de construcción, ordenado por índice de velocidad de mayor a menor admitido. Las medidas de neumático se ordenaron por dimensión, siendo 215/75R17.5 la menor (1) y 315/80R22.5 la mayor (13).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos básicos de los indicadores considerados para el estudio

Variable tipo	Indicador	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Variable dependiente	Profundidad / Remanente (mm)	0,1	20	8,53	3,903
Covariable	Ply Rating	14	20	16,25	0,781
	Índice de presión	95	130	120,87	3,917
	Índice de Carga Simple	126	157	151,14	2,339
	Índice de Carga Dual	124	154	147,42	2,006
	Índice de velocidad	80	130	120,46	13,065
	Diseño de corona	1	4	2,03	0,566
Ponderación de escala	Medida del neumático	1	13	9,56	1,323

Las estimaciones del ritmo de desgaste obtenidos con la herramienta software IBM SPSS versión 23, opción GLM sub-opción GEE en función de las variables consideradas para la presente investigación se detallan en la Tabla 3. Nótese que en las estimaciones de los ritmos de desgaste de la banda de rodadura se deben considerar el valor de intersección (constante), el periodo, la carga media, la velocidad media, el ply rating, los índices de carga y tipo de labrado (diseño de corona).

Con los valores de la Tabla 3 se obtienen las medias de desgaste de la banda de rodaje de los neumáticos por marca, modelo y medida. Las menores de estas medias o ritmos de desgaste promedio corresponden a los tipos de neumáticos que se muestran en la Tabla 4, abarcando el total de datos sobre cada tipo de llanta. El ranking, de acuerdo con los resultados del presente artículo, se determinó en función de los límites superiores, entendido como la suma de la media con la desviación estándar, promedio calculados por marca, modelo y medida de neumático.

Tabla 3. Estimaciones del ritmo de desgaste en función de las variables consideradas

Parámetro	B	Error estándar	95% de intervalo de confianza de Wald		Contraste de hipótesis		
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	Grados de libertad	Significancia
(Intersección)	4,739	1,6084	1,587	7,892	8,682	1	,003
[Periodo=1]	1,228	,0413	1,147	1,309	882,884	1	0,000
[Periodo=2]	1,113	,0463	1,022	1,204	577,085	1	0,000
[Periodo=3]	1,017	,0450	,929	1,105	510,770	1	0,000
[Periodo=4]	,948	,0442	,861	1,034	459,123	1	0,000
[Periodo=5]	,837	,0445	,749	,924	353,873	1	0,000
[Periodo=6]	,732	,0457	,643	,822	256,590	1	0,000
[Periodo=7]	,739	,0501	,641	,837	217,845	1	0,000
[Periodo=8]	,575	,0507	,476	,675	128,903	1	0,000
[Periodo=9]	,489	,0518	,387	,590	88,997	1	0,000
[Periodo=10]	,555	,0643	,429	,681	74,602	1	,000
[Periodo=11]	,393	,0564	,282	,504	48,565	1	,000
[Periodo=12]	0 <sup>a</sup>						
[Presion=80]	-,006	,1153	-,232	,220	,003	1	,956
[Presion=82]	-,144	,1277	-,394	,107	1,266	1	,260
[Presion=84]	,109	,1082	-,103	,321	1,009	1	,315
[Presion=86]	-,017	,1074	-,227	,194	,025	1	,876
[Presion=88]	,036	,1051	-,170	,242	,118	1	,731
[Presion=90]	-,098	,0534	-,203	,007	3,369	1	,066
[Presion=92]	-,049	,0542	-,155	,057	,812	1	,367
[Presion=94]	-,030	,0561	-,140	,080	,292	1	,589
[Presion=96]	-,016	,0547	-,123	,091	,087	1	,768
[Presion=98]	,003	,0562	-,107	,113	,003	1	,954
[Presion=100]	,032	,0508	-,068	,132	,396	1	,529
[Presion=102]	-,029	,0496	-,127	,068	,351	1	,553
[Presion=104]	-,055	,0491	-,151	,042	1,239	1	,266
[Presion=106]	,001	,0504	-,098	,100	,000	1	,988
[Presion=108]	,015	,0518	-,087	,116	,079	1	,778
[Presion=110]	-,070	,0469	-,162	,022	2,210	1	,137
[Presion=112]	-,093	,0461	-,183	-,003	4,057	1	,044
[Presion=114]	-,030	,0466	-,121	,061	,414	1	,520
[Presion=116]	-,135	,0469	-,227	-,043	8,332	1	,004
[Presion=118]	-,088	,0477	-,182	,005	3,418	1	,064
[Presion=120]	0 <sup>a</sup>						
[CargaMedia=1500]	-,493	,1613	-,809	-,177	9,355	1	,002
[CargaMedia=2500]	0 <sup>a</sup>						
[VelocMedia=30]	-,056	,0736	-,200	,088	,581	1	,446
[VelocMedia=40]	-,001	,0813	-,160	,158	,000	1	,992
[VelocMedia=50]	,180	,0764	,030	,330	5,544	1	,019
[VelocMedia=60]	0 <sup>a</sup>						
PlyRating	,090	,0317	,028	,152	8,038	1	,005
IndicePresion	-,005	,0055	-,015	,006	,709	1	,400
ICSingle	,115	,0351	,047	,184	10,787	1	,001
ICDual	-,147	,0439	-,233	-,061	11,252	1	,001
IndiceVeloc	,000	,0009	-,002	,002	,034	1	,854
TipoLabrado	-,039	,0168	-,072	-,006	5,413	1	,020
(Escala)	1,469						

Variable dependiente: Profundidad / Remanente (mm)

Modelo: (Intersección), Periodo, Presion, CargaMedia, VelocMedia, PlyRating, IndicePresion, ICSingle, ICDual, IndiceVeloc, TipoLabrado

a. Definido en cero porque este parámetro es redundante.

Tabla 4. Ranking de tipos de neumáticos con menor ritmo de desgaste

Marca	Modelo	Medida	Ply Rating	IC Single	IC Dual	Índice de velocidad	Diseño de corona	Media de desgaste	Desviación estándar	Límite superior
Double Coin	RT 500	235/75R17,5	H	143	141	K	Regional	1,7431	0,1315	1,8746
Hifly	HH 111		H	143	141	J	Regional	1,7692	0,1621	1,9314
Daewoo	DW 317		H	141	140	J	Larga distancia	1,7417	0,2448	1,9866
Maxxis	UR 275		J	143	141	J	Regional	1,9052	0,1518	2,0570
Ling Long	D 905		J	143	141	J	Regional	1,8645	0,1971	2,0616
Fullrun	TB 766	275/80R22,5	H	149	146	M	Larga distancia	1,7314	0,4049	2,1362
General Tire	S 370		H	149	146	L	Regional	1,8790	0,4046	2,2836
Double Coin	RT 606	295/75R22,5	G	144	141	L	Regional	1,8887	0,3649	2,2536
General Tire	S 370		H	152	148	M	Regional	1,8361	0,4515	2,2876
General Tire	RA	295/80R22,5	H	152	148	M	Regional	1,7967	0,4086	2,2053
Double Coin	RR 660		J	152	149	L	Regional	1,8913	0,3946	2,2858
Advance	GL 665 A	315/80R22,5	G	154	150	K	Mixta	1,9718	0,2491	2,2209

El detalle de una parte de los cálculos antes mencionados se incluye en la Tabla 5 del presente documento. Las ecuaciones para predicción del desgaste de la banda de rodaje de los neumáticos se esquematizan en la Tabla 6. Donde los valores de X1 son quincenales, de tiempo, X2 son los kilogramos promedio que soportará la llanta, en X3 se especifica la velocidad media a la que circulará el automotor y, X4 serán los psi con los que circulará la llanta.

#### 4. Discusión

La medida de neumático que presenta el menor desgaste de banda de rodaje en promedio es la 235/75R17,5, comúnmente aplicada en buses livianos que circulan en carreteras regionales y mixtas, con una masa media de 9 toneladas. Para estas aplicaciones, la mejor opción según nuestros resultados, puede ser la marca Double Coin modelo RT 500, con una media de desgaste quincenal de 1.743 mm, ply rating (clasificación de capa) 16 (H), índice de carga máxima singular 2725 Kg (143) y dual 2575 Kg (141), índice de velocidad máxima 110 Km/h (K). En unidades de transporte con masa similar (9 Ton) que circulen en carreteras pavimentadas de larga distancia, la opción puede ser la marca Daewoo, modelo DW317, media de desgaste cada dos semanas de 1.74 mm, ply rating 16, índice de carga simple 2575 Kg y dual 2500 Kg (140), índice de velocidad 100 Km/h (J), acorde a los requerimientos en este tipo de buses de transporte de pasajeros (Triangle, 2015; Double Coin, 2016).

Tabla 5. Parte de la hoja de cálculo desarrollada para establecer tipos de neumático con menor desgaste

Marca	Modelo	Medida	Media de desgaste	Desviación estándar	Límite superior
Advance	GL 665 A	315/80R22,5	1,97183	,249064	2,220893
		Total	1,97183	,249064	2,220893
	Total	315/80R22,5	1,97183	,249064	2,220893
		Total	1,97183	,249064	2,220893
Antyre	TB 707	295/80R22,5	2,33931	,270105	2,609419
		Total	2,33931	,270105	2,609419
	TB 726	295/75R22,5	2,17796	,185780	2,363741
		Total	2,17796	,185780	2,363741
	Total	295/75R22,5	2,17796	,185780	2,363741
		295/80R22,5	2,33931	,270105	2,609419
		Total	2,26248	,242546	2,505025
		Total	2,26248	,242546	2,505025
Apollo	EnduRace RA	295/80R22,5	2,28667	,286758	2,573432
		Total	2,28667	,286758	2,573432
	Total	295/80R22,5	2,28667	,286758	2,573432
		Total	2,28667	,286758	2,573432
Barum	BF 12	275/80R22,5	2,01082	,377788	2,388613
		11R22,5	2,10503	,184075	2,289101
		295/80R22,5	2,02772	,326277	2,354000
		Total	2,03062	,323371	2,353993
	Total	275/80R22,5	2,01082	,377788	2,388613
		11R22,5	2,10503	,184075	2,289101
		295/80R22,5	2,02772	,326277	2,354000
		Total	2,03062	,323371	2,353993
		Total	2,03062	,323371	2,353993
		Total	2,03062	,323371	2,353993
Boto	BT 388	295/80R22,5	2,31767	,217886	2,535553
		Total	2,31767	,217886	2,535553
	Total	295/80R22,5	2,31767	,217886	2,535553
		Total	2,31767	,217886	2,535553
Bridgestone	M 840	275/70R22,5	2,06153	,320835	2,382363
		Total	2,06153	,320835	2,382363
	R 155	275/80R22,5	2,36247	,170040	2,532510
		295/80R22,5	2,34055	,302757	2,643310
		Total	2,34674	,271087	2,617828
	R 250	295/80R22,5	1,88477	,414661	2,299428
		Total	1,88477	,414661	2,299428
	R 297	295/80R22,5	2,15735	,450105	2,607457
		Total	2,15735	,450105	2,607457
	Total	275/70R22,5	2,06153	,320835	2,382363
		275/80R22,5	2,36247	,170040	2,532510
		295/80R22,5	2,25258	,372870	2,625454
		Total	2,26760	,341228	2,608829

Tabla 6. Constantes, coeficientes y variables de las ecuaciones para predicción del desgaste

Modelo	Elemento	Periodo (de 15 días)	Carga promedio (Kg)	Velocidad media (Km/h)	Presión registrada (psi)
	Constante	X1	X2	X3	X4
General	1,273951	-0,094479	0,000398	0,010506	-0,000731
Pavimentado	2,939253	-0,082894	0,000000	0,000000	-0,003764
Regional	2,732791	-0,094350	0,000000	0,000000	0,000000
Urbano	1,720238	-0,095403	0,000357	0,000000	-0,000962
Mixto	2,554561	-0,090152	0,000000	0,000000	0,000000

En buses de mayor peso, para aplicación en carreteras asfaltadas de larga distancia la mejor opción, según nuestros resultados, es la marca Fullrun modelo TB 766 medida 275/80R22.5 con un ritmo de desgaste promedio de 1.73 mm, con clasificación de capa de 16, índice de carga máxima 3250 Kg (149) singular y 3000 Kg (146) dual, y un índice de velocidad máxima 130 Km/h (M). Relativamente la duración de los neumáticos para aplicación regional es mayor en la marca General Tire modelo S370 medida 275/80R22.5, con un ritmo de desgaste promedio de 1.879 mm cada quince días a lo largo de su vida útil, siendo mayor al principio y menor al final. El diseño de corona recomendado es para uso regional y urbano; la diferencia con la marca anterior es el índice de velocidad que es de 120 Km/h (L). Estos valores se apegan a los requerimientos de la mayoría de las unidades de transporte urbano y regional que circulan en la provincia de El Oro, donde estas unidades típico tienen una masa promedio de 15 Ton (Triangle, 2015; Continental, 2016).

Y para uso en vías mixtas destaca la marca Advance modelo GL 665 A, medida 315/80R22.5, clasificación de capa 14 (G), índice de carga 3750 Kg (154) singular y 3350 Kg (150) dual, y un índice de velocidad 110 Km/h máximo. Nótese que los índices de velocidad podrían ser menores tanto para los usos regional como los mixtos, pues los buses que circulan por estas rutas no suelen desarrollar más de 90 Km/h, siendo el límite de velocidad habitual de 60 Km/h. Sin embargo, los resultados apuntan a una marca y modelo de neumático existente (Triangle, 2015; Bridgestone, 2019).

Para los modelos de regresión desarrollados con el software IBM SPSS, en la determinación de las constantes, coeficientes y variables presentes en las ecuaciones para predicción del desgaste de la banda de rodamiento presentadas en la Tabla 5, algunas

variables son constantes o tienen correlaciones no significativas y se suprimen del análisis (la ecuación general está detallada en la Tabla 7).

Tabla 7. Coeficientes de los diferentes modelos de regresión (Ecuación general)

Coeficientes <sup>a,b,c</sup>						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	2,581	0,006		415,553	0,000
	Periodo (15 días)	-0,093	0,001	-0,906	-93,045	0,000
2	(Constante)	1,402	0,124		11,318	0,000
	Periodo (15 días)	-0,093	0,001	-0,910	-95,543	0,000
	Carga promedio (Kg)	0,000	0,000	0,091	9,524	0,000
3	(Constante)	1,214	0,088		13,859	0,000
	Periodo (15 días)	-0,094	0,001	-0,922	-136,931	0,000
	Carga promedio (Kg)	0,000	0,000	0,075	11,150	0,000
	Velocidad media (Km/h)	0,010	0,000	0,294	43,670	0,000
4	(Constante)	1,274	0,090		14,232	0,000
	Periodo (15 días)	-0,094	0,001	-0,922	-137,226	0,000
	Carga promedio (Kg)	0,000	0,000	0,076	11,333	0,000
	Velocidad media (Km/h)	0,011	0,000	0,296	43,872	0,000
	Presión registrada (psi)	-0,001	0,000	-0,021	-3,097	0,002

a. Variable dependiente: Valor pronosticado de predictor lineal  
 b. Regresión de mínimos cuadrados ponderada - Ponderada por Medida del neumático  
 c. Selección de casos sólo para los cuales Registros obtenidos >= 5

Los análisis de varianza permitieron determinar, con una significancia de 0.01 los modelos que mejor se ajustaban a las variables consideradas. En la Tabla 8 se detalla una de estas pruebas estadísticas, la que corresponde para la obtención de la ecuación general (Montgomery, et al., 2013; Rubio Hurtado and Berlanga Silvestre, 2012). En el caso de las ecuaciones para predecir el desgaste de las llantas aplicadas en carreteras pavimentadas de

larga distancia, se consideran constantes los valores de carga y velocidad media, 2500 Kg y 60Km/h respectivamente. En uso regional y en mixto también se considera constante o no significativa la presión de inflado. Esto último no es inusual para el presente estudio, pues este factor fue controlado periódicamente. Y, para aplicaciones urbanas la variable velocidad media es la única considerada constante o no significativa (Chen et al., 2018; Svendenius, 2007).

Tabla 8. Análisis de varianza desarrollados para evaluar los modelos de regresión (Ecuación general)

ANOVA <sup>a,b,c</sup>						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1778,148	1	1778,148	8657,378	,000 <sup>d</sup>
	Residuo	390,243	1900	0,205		
	Total	2168,391	1901			
2	Regresión	1795,938	2	897,969	4578,412	,000 <sup>e</sup>
	Residuo	372,453	1899	0,196		
	Total	2168,391	1901			
3	Regresión	1982,607	3	660,869	6751,559	,000 <sup>f</sup>
	Residuo	185,784	1898	0,098		
	Total	2168,391	1901			
4	Regresión	1983,542	4	495,885	5088,987	,000 <sup>g</sup>
	Residuo	184,849	1897	0,097		
	Total	2168,391	1901			
a. Variable dependiente: Valor pronosticado de predictor lineal						
b. Regresión de mínimos cuadrados ponderada - Ponderada por Medida del neumático						
c. Selección de casos sólo para los cuales Registros obtenidos >= 5						
d. Predictores: (Constante), Periodo (15 días)						
e. Predictores: (Constante), Periodo (15 días), Carga promedio (Kg)						
f. Predictores: (Constante), Periodo (15 días), Carga promedio (Kg), Velocidad media (Km/h)						
g. Predictores: (Constante), Periodo (15 días), Carga promedio (Kg), Velocidad media (Km/h),						

Cuando se pronostique el desgaste promedio de la banda de rodamiento que tendrá un neumático en función de la carga promedio, velocidad media y presión de inflado, hay que tener en cuenta que los diferentes tipos de carretera por la circulan los neumáticos inciden en su consumo, pues el desgaste de la banda de rodaje de los neumáticos se produce por la fricción, la cual consume energía en forma de calor, degradando el caucho del que se componen las llantas. Un aumento de la velocidad de recorrido incrementa la capacidad de

deformación del neumático por generación de calor, lo que resulta en más temperatura en la banda de rodadura y mayor ritmo de desgaste del neumático. Esta consideración lleva a suponer que las llantas se desgastan más en temporadas calurosas (Chen et al., 2018; Li et al., 2012).

## Conclusiones

Con los resultados obtenidos se ha logrado discriminar los factores controlables más representativos que afectan la duración de las llantas aplicadas en buses de transporte de personas, en función del ritmo de desgaste de la banda de rodadura, verificando que la incorrecta presión de inflado, la sobrecarga y malas condiciones de operación de los neumáticos reducen su tiempo de vida útil.

En unidades livianas de transporte, los neumáticos medida 235/75R17.5 demuestran un menor desgaste por kilómetro recorrido, destacando el modelo RT 500 para aplicación en carreteras regionales y mixtas. Para uso en vías pavimentadas de larga distancia presenta menor ritmo de desgaste el modelo de neumático DW 317. En buses de 18 toneladas que circulen en carreteras con tramos pavimentados y destapados, una buena alternativa sería el modelo GL 665 A, medida 315/80R22.5.

Los análisis de varianza y modelos de regresión de mínimos cuadrados ponderada nos permitieron estimar ecuaciones para determinar el ritmo de desgaste de una llanta en un tiempo determinado, con una presión de inflado, carga y velocidades medias de recorrido preestablecidas. En algunos casos varios de estos factores fueron no significativos según las condiciones de manejo. Un claro ejemplo de esto fue para buses de recorrido regional y mixto, pues las presiones de inflado, carga soportada y velocidad media son bastante regular. Además, en el establecimiento de los modelos no se presentaron sesgos de datos.

A pesar de haber sido un factor controlado, la presión de inflado de los neumáticos influye en su funcionamiento; el desgaste de los neumáticos disminuye a medida que su rigidez aumenta, la deformación del neumático se limita y la generación de calor disminuye. Además de esto, el desgaste de los neumáticos es afectado de forma directa con el aumento de la carga que deben soportar. La sobrecarga en las unidades de transporte elevará el desgaste de las llantas, por lo que la condición de sobrecarga debería ser evitada.

La velocidad de recorrido, la carga soportada y la presión de inflado tienen un efecto significativo en el desgaste de los neumáticos y son sus principales factores de impacto. El

modelo establecido para estimar el ritmo de desgaste de los neumáticos es factible, y los resultados pueden reflejar las condiciones de mejor uso o incremento de su vida útil, lo que proporciona una base teórica para predecir el desgaste que experimentarán las llantas en diferentes tipos de aplicación y condiciones de manejo o funcionamiento.

## Referencias

- Bridgestone (2019). “Catálogo de Renovado.” Bandag, Mexico D.F., p. 28, 2019. URL: [https://www.bridgestonecomercial.com.mx/content/dam/bcs-latam-sites/bridgestone-commercial/PDFS/Cat%C3%Allogo%20Bandag%20Light\\_1.pdf](https://www.bridgestonecomercial.com.mx/content/dam/bcs-latam-sites/bridgestone-commercial/PDFS/Cat%C3%Allogo%20Bandag%20Light_1.pdf).
- Cabrera, J. A.; Ortiz, A.; Carabias, E. and Simon, A. (2004). “An Alternative Method to Determine the Magic Tyre Model Parameters Using Genetic Algorithms,” Veh. Syst. Dyn., 2004. ISSN: 0042-3114.
- Chen, X.; Xu, N. and Guo, K. (2018). “Tire wear estimation based on nonlinear lateral dynamic of multi-axle steering vehicle,” Int. J. Automot. Technol., vol. 19, no. 1, pp. 63–75, 2018. ISSN: 12299138.
- Colfecar (2014). “Reciclaje de llantas: Maximizar su vida útil y desecharlas correctamente,” Bogotá, 2014. URL: [https://nanopdf.com/download/enero-2015-informe-reciclaje-de-llantas\\_pdf](https://nanopdf.com/download/enero-2015-informe-reciclaje-de-llantas_pdf).
- Continental (2016). “Catálogo 2016.” Continental Tire México, Mexico D.F., p. 112, 2016. URL: <https://blobs.continental-tires.com/www8/servlet/blob/646948/1f4faeb76b29ff7f8a8a85e72a14dbb9/cat%C3%A1logo-camion-2016-data.pdf>.
- Double Coin (2016). “Libro de datos y referencias de neumáticos para camiones.” Monrovia, p. 32, 2016. URL: <https://www.doublecointires.com/wp-content/uploads/Double-Coin-TBR-Data-Book-Spanish.pdf>.
- Ejsmont, J. A.; Ronowski, G.; Świeczko-Żurek, B. and Sommer, S. (2016). “Road texture influence on tyre rolling resistance,” Road Mater. Pavement Des., pp. 1–18, Mar. 2016. ISSN: 1468-0629.
- Hong, S.; Erdogan, G.; Hedrick, K. and Borrelli, F. (2013). “Tyre - road friction coefficient estimation based on tyre sensors and lateral tyre deflection: modelling, simulations and experiments,” Veh. Syst. Dyn., vol. 51, no. 5, pp. 627–647, 2013. ISSN: 0042-3114.
- Kunnappillil Madhusudhanan, A.; Corno, M.; Arat, M. A. and Holweg, E. (2016). “Load sensing bearing based road-tyre friction estimation considering combined tyre slip,” Mechatronics, vol. 39, pp. 136–146, Nov. 2016. ISSN: 0957-4158.

- Li, Y.; Zuo, S.; Lei, L.; Yang, X. and Wu, X. (2012). "Analysis of impact factors of tire wear," *J. Vib. Control*, vol. 18, no. 6, pp. 833–840, 2012. ISSN: 1077-5463.
- Montgomery, D.; Peck, E.; Vining, G. and Khuri, A. (2013). *Introduction to Linear Regression Analysis*, Fifth Edit., vol. I, no. 2. International Statistical Review, 2013. ISBN: 978-0-470-54281-1.
- Noblecilla M.; Ortíz L.; Ruiz, J.; Encalada L., and Ordoñez, O. (2016). "Análisis del potencial turístico de las comunidades rurales. Caso de estudio: Comunidad Muyuyacu, El Oro-Ecuador," *RIAT*, vol. 12, pp. 48–59, 2016. ISSN: 0718-235X.
- Richard, S.; Champoux, Y.; Lépine, J. and Drouet, J. M. (2015). "Using an alternative forced-choice method to study shock perception at cyclists' hands: The effect of tyre pressure," in *Procedia Engineering*, 2015. ISSN: 1877-7058.
- Rodvalho E. da C. and Tomi, G. de (2017). "Reducing environmental impacts via improved tyre wear management," *J. Clean. Prod.*, vol. 141, pp. 1419–1427, Jan. 2017. ISSN: 0959-6526.
- Rubio Hurtado, M. J. and Berlanga Silvestre, V. (2012). "Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS . Caso práctico .," *Rev. d'Innovació i Recer. en Educ.*, vol. 5, no. 2, pp. 83–100, 2012. ISSN: 1886-1946.
- Sakhaeifar, M.; Banihashemrad, A.; Liao, G. and Waller, B. (2018). "Tyre–pavement interaction noise levels related to pavement surface characteristics," *Road Mater. Pavement Des.*, vol. 19, no. 5, pp. 1044–1056, 2018. ISSN: 21647402.
- Svendenius, J. (2007). *Tire Modeling and Friction Estimation*. Lund: Lund University, 2007. ISBN: 0280-5316.
- Taghavifar, H. and Mardani, A. (2013). "Investigating the effect of velocity, inflation pressure, and vertical load on rolling resistance of a radial ply tire," *J. Terramechanics*, vol. 50, no. 2, pp. 99–106, 2013. ISSN: 0022-4898.
- Triangle (2015). "Product Catalogue Commercial Tires." Triangle, p. 37, 2015. URL: <http://www.triangle.com.cn/productmanual/%E4%BA%A7%E5%93%81%E7%9B%AE%E5%BD%95-%E5%95%86%E7%94%A8%E8%BD%A6%E8%BD%AE%E8%83%8E.pdf>.
- Wang, J.; Alexander, L. and Rajamani, R. (2004). "Friction Estimation on Highway Vehicles Using Longitudinal Measurements," *J. Dyn. Syst. Meas. Control*, vol. 126, no. 2, pp. 265–275, 2004. ISSN: 0022-0434.

## Quality improvement of energy management: an analysis of industries in a developing country

Edson Pacheco Paladini \*  
Bismayda Gómez Avilès \*\*  
Geonel Rodriguez Perez \*\*  
Noel Cardoso Nunez \*\*  
Jean Carlos Araldi \*\*\*

### ABSTRACT

Energy management is a critical question for the progress in developing countries. In fact, it is one of the most important foundations of sustainable development. Optimizing the use of energy resources is an issue with notable multiplier effects on the social evolution of the people of these regions. Similarly, the civil construction industry is also relevant, since it represents a strong economic and social contribution for these countries. It is important to remark that the demands of the construction material industry in combustible consumption for their productions, frequently with low rate efficiency, require a systematic management activity able to detect improvement alternatives, based on process approaches to contribute to the energy efficiency and the quality of the final production. This paper proposes a set of procedures to implement technological and organizational improvements of the combustible consumption practice in brick production plants in the construction material industry in a developing country (Cuba). Quality improvement opportunities are detected, together with the energetic characterization of the process. Some well-defined parameters and indicators have evidenced the improvement potentialities and its execution. The placement of domes in the furnace defines a new zone of quality control with losses from 0.5 - 1.5%, that at the beginning of the research were 2.4 - 4.5%. This enabled to plan a loss level rate at least 1.6% lower and a variability two times lower. Besides it is achieved a consumption rate average of 0.2739 to 0.2387 liters per brick in the covered furnace, saving 11,000 liters of fuel in the semester. The generalization of the procedure in the entity producing roof tiles and clay pipes in Sancti-Spíritus municipality (Cuba) showed a significant contribution since the reductions in the fuel consumption rate were greater than the achieved in the brick productions. As these industrial processes are similar to those in many other countries, this case study shows some analyses, practical applications and results that can be used abroad.

KEYWORDS: Energy management improvement; construction industry; developing countries; product quality.

\*Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina - Trindade CP 476 88.040 - 400 - Florianópolis SC - Brazil. E-mail: paladini@floripa.com.br

\*\*University os Sancti Spíritus "Jose Marti Perez - UNISS Sancti Spiritus - Cuba.

\*\*\*Universidade Federal de Santa Catarina - Trindade CP 476 Florianópolis SC - Brazil.

Recibido: 25/09/2020

Aceptado: 20/11/2020

## Mejora en la calidad de la administración de energía: un análisis de las industrias en un país en desarrollo

### RESUMEN

La administración de energía es una cuestión fundamental para el progreso de los países en desarrollo. De hecho, es uno de los pilares más importantes del desarrollo sostenible. La optimización del uso de los recursos energéticos es un tema con notables efectos multiplicadores en la evolución social de los habitantes de cada región. Asimismo, la industria de la construcción civil también es relevante, ya que representa un fuerte aporte económico y social para cada país. Es importante resaltar que las demandas de la industria de materiales de construcción en el consumo de combustibles para sus producciones, frecuentemente con bajo índice de eficiencia, requieren una actividad de gestión sistemática capaz de detectar alternativas de mejora, basadas en enfoques de proceso para contribuir a la eficiencia energética y la calidad de la producción final. Este trabajo propone un conjunto de procedimientos para implementar mejoras tecnológicas y organizacionales de la práctica de consumo de combustibles en plantas de producción de ladrillos en la industria de materiales de construcción en un país en desarrollo (Cuba). Se detectan oportunidades de mejora de la calidad, junto con la caracterización energética del proceso. Algunos parámetros e indicadores bien definidos han evidenciado las potencialidades de mejora y su ejecución. La colocación de domos en el horno define una nueva zona de control de calidad con pérdidas de 0.5 - 1.5%, que al inicio de la investigación eran 2.4 - 4.5%. Esto permitió planificar una tasa de nivel de pérdidas al menos un 1,6% menor y una variabilidad dos veces menor. Además, se logra una tasa de consumo promedio de 0.2739 a 0.2387 litros por ladrillo en el horno cubierto, ahorrando 11.000 litros de combustible en el semestre. La generalización del procedimiento en la entidad productora de tejas y cañerías de arcilla del municipio Sancti-Spíritus (Cuba) mostró un aporte significativo ya que las reducciones en la tasa de consumo de combustible fueron mayores a las logradas en las producciones de ladrillos. Como estos procesos industriales son similares a los de muchos otros países, este estudio de caso muestra algunos análisis, aplicaciones prácticas y resultados que se pueden utilizar en el extranjero.

**PALABRAS CLAVE:** Mejora de la gestión energética; industria de construcción; países en desarrollo; calidad del producto.

### Introduction

Nowadays, an organized production process has vital importance, even more with the world economic crisis and the unavoidable exhaustion of the conventional energy sources. The rational use of the energetic resources depends on the consciousness that people might

have of the unplanned use in the consumption societies and the environmental pollution that generates an over exploitation of the fossil combustibles (Fernandez et al, 2014; Aguilera, 2020). Referring to this, Nueno (1996) states that management is looking for models that contemplate the integration among people, technology and economic reality. In this context, the quality concept that it is necessary to generate an acceptable product or to work with rejection rates of less than a certain percentage in a production line, is not enough anymore. It is required to consider the client perspective (Abu-Jarour, 2016), and the losses that each product brings to the society. In fact, productive organizations have long been concerned with energy management (Selmer, 1993; Fielden and Jacques, 1997).

In Cuba, the improvement of the productive organizations management is of great importance (Del Castillo Sánchez, 2016) for the continuity of the present growing process. It is a way to place enterprises in indispensable conditions of effective use of resources, guarantee their economic situation, put into practice salary and stimulation systems, implement new tributaries and financial mechanisms, as well as introduce the most updated approaches of the international practice.

Mahto and Kumar (2008) refer that the identification of the relative root causes to the quality problems and the productivity are critical in the manufacture process execution. In the case of the construction material industry in Cuba, and specifically in Sancti-Spiritus, the root cases are related to its aged technology.

The construction material enterprise in the case study for this research produces more than 60% of the total clay wall elements of the province: mud bricks (hollowed and solid), Creole and French tiles, floor tiles and lattices. It also produces concrete materials as floor tiles and blocks, which represents an annual cipher of 6,200,000 units, equivalent to one thousand houses annually. However, to reach a primary objective of the red ceramic construction enterprises (to achieve the technological leap), they need to work with processes with high energy efficiency (Reyes, 2012). It should be noted that the priority in the search for energy efficiency is in residential buildings or commercial buildings (Guarin, Morano and Sica, 2019; Ylmén, Penaloza and Mjornell, 2019). It must be considered that these enterprises work in a business context characterized by market fluctuations and difficulties in supplying its main inputs and raw materials. These problems are analyzed by Nordelo (2006) and Fernández et al. (2014). These authors consider the importance of these

situations in the competitiveness of the Cuban companies, from the perspective of energy efficiency.

Based on the above arguments, the activity of management and assurance of the managerial function gives the enterprise the ability to satisfy, in an efficient way, the energy needs of the productive process, as an alternative to face the problems of high production costs. These costs are associated to the following: high energy consumption of the equipments (fuel oil and fuel wood); poor quality of ceramic productions; customer complaints for poor quality of production; and the emanation of toxic gases into the atmosphere generated by the furnaces.

This paper proposes to implement technological and organizational improvements in fuel consumption practices in brick production industries to facilitate management activity related to energy efficiency and the quality of the finished product. Focusing on the energy issue, which is a critical business problem, it is also a favorable approach to achieve improvements in other identified problems.

This article addresses two key elements for the progress of developing countries: Initially, transformations in the improvement of the productive processes of companies that operate in the area of civil construction, commonly important industrial sector in any economy. Then, energy management is considered, a crucial component for these countries since it is one of the most important foundations of sustainable development. Several examples in the literature prove this statement (Alcorta et al., 2014; Cantore, 2017). This study intends to optimize the use of energy resources, a problem with distinguished multiplier effects on the social, economic and cultural progress of the people that live in these countries.

## 1. Theoretical background

In this section some concepts that support this article are presented.

### 1.1. Quality and process improvement

The decision to face the process of improvement requires an analysis of the circumstances in which it will be developed. Typology of the process, general characteristics of the studied organization and the objective that is pursued are critical elements in this analysis (Gómez, 2007; Abu-Jarour, 2016; Montgomery et al., 2016).

The conception of quality improvement is a decisive component in all business activities and as the operations of industrial processes are presented, increasingly subjected to the emerging factors of the environment, new approaches are required for the quality concepts. Quality needs constant adjustments to "best production practices", with other forms of comparison and regulation that may differ from those used up to now (Juran and Gryna, 2001, Domínguez and Barroso-Castro, 2017; Leffakis, 2016).

Juran and Gryna (2001) argue on how quality problems are underestimated and what they represent in long-term financial returns. So, the purpose should be oriented to set the tools to achieve the timely detection of the causes that provoke such alterations and to obtain the expected benefits.

As shown by Nofal et al. (2016), the management of quality improvement is adjusted to several elements like technology level and background of organizations, markets, human resources and their cultures. In this sense, the perspective of these authors is how to use the critical factors of the Total Quality Management (TQM) to promote the transformational orientation, in order to create a culture of sustainable efficiency and obtain commercial and competitive benefits in a continuous way. In the Cuban context, experiences in industrial processes have been decisive in the proposed quality practices, to reconcile technological and organizational perspectives with a favorable effect on stability, from the reduction of variability in the process (Gómez et al., 2008).

## 1.2. Total Quality Management

Total Quality Management (TQM) is a series of relevant practices (Vasantharayalu and Surajit, 2016) which structures a management approach to long-term success through customer satisfaction. The main idea of TQM is to include all members of an organization in participative efforts to improve processes, products, services, and the culture in which the organization works (Aquilani et al, 2017).

Vasantharayalu and Surajit (2016) state that the American Society for Quality recognizes as fundamental elements of TQM: politics, planning and administration; product design; material supply; Production Quality Control; customer relationship; preventive and corrective actions and selection, training and motivation of employees. The identification, contribution and new ways of researching the critical success factors of TQM is a subject under study, which requires the adoption of a broader view regarding the role of the quality

process as a support to the commitment of the enterprise in the activities with the client (Aquilani et al., 2017; Tenner and DeToro, 2007).

Many authors, like Paladini (2011) as well as Juran and Gryna (2001), associate the use of TQM practices with the best operational performance, with an impact on technological growth.

### 1.3. Quantitative methods for improvement

Mizuno (2005) proposes the use of qualitative and quantitative methods for identifying improvement opportunities (mainly the last ones) to transform diffuse and unstructured knowledge into structured knowledge. While Banks (2004) points out that the introduction to the quality function in modern manufacturing and service organizations generates statistical information, which is analyzed and discussed in a specific way, and with the resources to manage quality control (Goetsch and Davis, 2016; Marshall, 2006).

The quality problems in industrial processes are often the result of uncontrolled or excessive variability. In studying and solving these problems a crucial role is played by statistical tools and other analytical and quantitative methods.

The application of quantitative methods for improvement must be carried out in a management-based structure to guarantee the success (Montgomery et al., 2016; Carvalho et al., 2017).

### 1.4. Innovation and energy efficiency in developing countries

The empirical study of Honarpour et al. (2017) establishes that the innovation process is more impacted by TQM than the product itself. It is not surprising considering the fact that new elements introduced into the organization (e.g. material input, task specifications, work and information flow, and equipment) generate innovative products or provide better services. TQM practices, on the other hand, are related to better supply management (raw materials), people management (task specifications), and information and data analysis (working mechanisms and information flow). Similarly, by acquiring, disseminating and applying new knowledge of competitors, suppliers and customers, the generation of ideas from research teams can be increased, leading to new technical specifications and better product functionality (Paladini, 2016).

Regarding the case study of this research in the manufacture of ceramics for construction, Salas and Oteiza (2008) report on the approach of Latin America Economic Commission that it is important to perform regulatory and technological adjustments aimed at improving the development and application of materials, using local and regional techniques. All these situations should be expressed in formalized processes that show potential for further development, based on process analysis and statistical data. The information generated becomes a decision-making tool for the operation of key variables that ensures improvements in indicators of productive and organizational performance.

The technological progress of the red ceramic enterprises in Cuba, as Reyes (2012) states, needs for few but qualified personnel. It also needs lineal processes, intensive in capital and mostly automated.

On this issue, Reyes (2012) also argues that substantial improvement in energy efficiency comes from processes with some characteristics. It means processes with substantial improvement in energy efficiency through: the use of hot gases from the furnaces for the dryer; cogeneration installations with recovery of energy from exhaust gases; hot air from refrigeration as a source of heat for dryers, clay preparation; computer control of drying and cooking; the replacement of electrical surpluses to the national electric system and the use of natural gas.

From the energetic point of view, the improvements and innovations increase the performance of the different operations in terms of: (1) Reduction of the heat of reaction and of drying; (2) Decrease in temperature levels used; (3) Decrease in the time of operations; (4) Reduction of heat and material losses (breaks); (5) Improvement of the quality of final products; and (6) Use of residual heat.

All the above items are of vital importance for the Cuban economy and constitute a technological advancement that poses challenges to the universities and investigation centers (Reyes, 2012). The country has small and medium-sized plants according to installed resources, which also differ in terms of product quality with high levels of inefficiency due to heat losses through the walls and chimneys. These industries consume large amounts of fuel to heat the structure in each material load as well as the amount of heat that is totally lost during cooling (Reyes, 2012). However, it is a productive sector with material responsibility in the annual housing plan of the territories and its observance is relevant in the global

environment, due to the world population growth that demands the production of more than 600 million cubic meters of construction materials (Salas and Oteiza, 2008).

It is also relevant for this research to take into account the complexity of administrative change that implies the implementation of continuous improvement, from the perspective provided by McLean et al. (2017). It includes failure factors of the TQM which are described in eight issues: motives and expectations, culture and environment, management leadership, implementation approach, training, project management, employee performance levels, and feedback and results.

It should be noted that the search for methods that increase energetic efficiency is permanent in developing countries (for instance, see Berg, 2015; Goldemberg et al., 1994).

This effort can be found in studies that analyze the question in countries as Saudi Arabia (Matar et al., 2017; Matar, 2016); Canada (Cai et al., 2008), Nepal (Islar et al., 2017), Brazil (Mesquita and Kós, 2017), Thailand (Foran et al., 2010), Malaysia (Hosseini and Wahid, 2014), Taiwan (Ning et al., 2013), Argentina (Filippín et al., 2017), Peru (Lillo et al., 2015), Mozambique (Jones et al., 2016), Portugal (Capelo et al., 2018) or Mexico (Martínez-Montejo and Sheinbaum-Pardo, 2016). . Different situations have been considered in the studies about energetic politics, like prices (Matar and Anwer, 2017) or sustainable development strategies, a very important dimension of this kind of analysis (Owedraogo, 2017). In addition, success factors for energy management are always considered in different situations (Sivill et al., 2013). The role of government has been also discussed (Zhang and Huang, 2017).

Even developed countries or in more advanced stages of development prioritize processes to increase the efficiency of the use of different energy sources, prioritizing policies for this purpose (Zierler et al., 2017; Bhati et al., 2017).

Civil construction has also been highlighted in different studies, especially when one considers environmental management resources (Rodríguez et al., 2011; Do and Cetin, 2019), energy performance (Poddar et al., 2017) or even economic performance of accessories (Cetiner and Metin, 2017) or reuse of wastes (Yellishetty, 2008). Characteristics of buildings are also considered for purposes of increasing energy efficiency (Mikola, Simson and Kurnistski, 2019; Marcello, Pilloni and Giusto, 2019).

This same concern appears in various situations that involve energy management, in the most different areas (Balali et al., 2017). The use of natural aspects also is considered (Almeida et al., 2017).

In this way, the present study focuses on a critical issue, especially for developing countries, and in this context, the energetic efficiency of an important productive sector in these countries is analyzed.

## 2. Materials and methods

This paper presents an applied scientific research, because its results are used later in the solution of problems present in the day-to-day of organizations (Turrioni and Melo, 2012). In fact, this research is inserted in the context of scientific knowledge and without commercial purposes as a main objective (Appolinário, 2006).

Based on the objective, a descriptive research is considered for the development of data acquisition techniques in the studied organizations (Turrioni and Melo, 2012; Gil, 2016) refers that descriptive research is the most requested by organizations such as educational institutions, commercial companies, political parties, etc.

The methodology adopted here is the case study since this paper evaluates a specific situation in a business environment (Cauchick, 2007) and addresses a deep diagnosis of an object, so as to allow its wide and detailed knowledge (Berto and Nakano, 2000).

For the development of the work, the analysis methodology takes into account that the increase in fuel costs is one of the factors leading to innovative technologies in the ceramic industry. Most of the development focuses on improving the energy efficiency of furnaces by decreasing the energy consumption of the production processes (Agrafiotis and Tsoutsos, 2001).

The actions to overcome problems of the process constitute the basis for planning new areas of control, conception of the Quality Trilogy (Quality Planning; Quality Control and Quality Improvement – as defined by Juran and Gryna, 2001), considered in the development of the procedure in Figure 1. It has been evaluated the energy consumption and also the performance of the production process, considering the behavior of the technological variables and the quality assessment of the finished product.

The development of this study involves four phases: (1) energy characterization; (2) process evaluation, with the definition of improvements; (3) execution of improvements and (4) definition of expected results.

The procedure begins with the energy characterization, by the necessity test of the Technology of the Total Efficient Management of Energy (TGTEE, Spanish acronym) by Nordelo (2006). The second phase (evaluation) uses the Beltrán's approach (Beltrán et al, 2001). There are four steps here: (1) Identification and sequencing; (2) description; (3) monitoring and control, and (4) improvement. Phase 3 is oriented to the improvements in energy efficiency of greater incidence in the technical requirements of quality in the finished product.

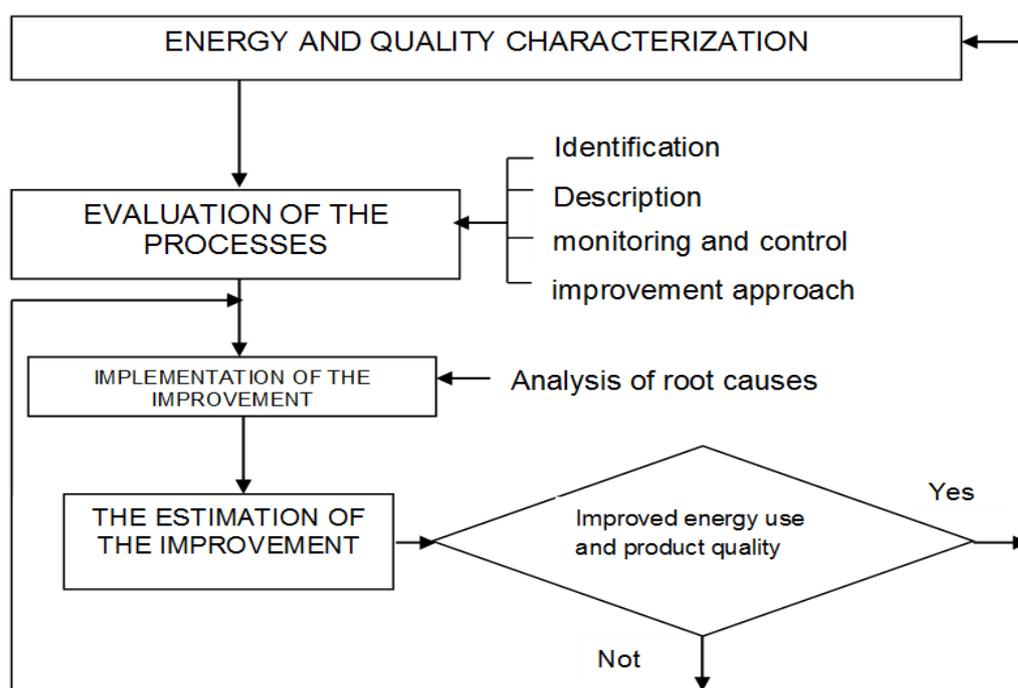


Fig. 1 Procedures to implement technological and organizational improvements in the fuel oil consumption practices in brick production industries

Phase 4 is established in two moments of the process:

(i) If the objectives are not fulfilled, the management defines the corrective actions to ensure conformity of the outputs. The actions prioritize control variables related to energy management and the efficient use of the energy that affect the fulfillment of technical quality requirements of the finished product.

(ii) If the planned results are achieved, opportunities for improvement are identified by their impact on global improvement, to increase the capacity that efficiently meets the energy needs and satisfies technical quality requirements of the finished product.

In phase 3 the implementation of the improvement is considered. The improvements are classified as structural and operational. Structural improvements refer to fundamental conception of the process (redefinition of recipient, expectations, results of the process, sequence of activities). Creative tools and techniques for quality management; customer surveys and reengineering approach are useful here. Operational improvements are basically related to changes in capacity and efficiency.

The estimation of the improvement (phase 4) is analyzed using indicators of energy efficiency and process effectiveness. These indicators evaluate the impact of both on the technical quality requirements of the finished product. The non-conformity in the evaluation requires a return to the execution, and so, the characterization is restarted, in order to plan improvements in a new control zone. The implementation of the procedure involves directing efforts to:

- **Management leadership:** It is necessary for the enterprise staff to perceive that the management knows and evaluates issues related to process supervision. Personnel training and the allocation of human and material resources to develop energy management activities are considered here.

- **Employee participation:** The actions here try to create process management teams and effective recognition for the tasks developed by employees.

- **Training:** It includes equipment operation and also tools and techniques for improvement.

### 3. Practical support: analysis of the study case

To structure the practical support of this study, three stages have been considered: (1) Analysis of the structure of processes, (2) Characteristics of the realization of the product and (3) Study of causes of the recognized problems.

#### Stage I:

For the identification of the structure of processes of the business management in the construction material enterprise in Sancti Spiritus (Figure 2), the relationship with energy

management was established as a basic criterion in the categorization of processes. Based on this criterion, in order to guarantee the availability of resources and the necessary information in the implementation of regulatory actions, to fulfill the planned objectives and the continuous improvement, three dimensions have been considered: strategic, tactical and operational.

CLIENT	Strategic Management I. Management responsibilities II. Analysis and improvement.	CLIENT
	Operational Management III. Realization of the products IV. Analysis of efficiency indicators.	
	Tactical Management V. Purchasing Management VI. Human resources management. VII. Commercial Management	

Fig. 2 Classification of the processes for an approach centered on energy management

These dimensions include:

(A) Strategic Actions: Those linked to the scope of responsibilities of the management, related to general planning and others plans linked to key or strategic factors of business management.

(B) Operational Actions: Those related to product realization operations. These actions intervene directly in the efficient use of energy and determine the technical quality requirements of the finished product.

(C) Tactic Actions: Refer to support of operational processes, related to resources linked to the quality of the finished product.

The concepts of Strategic Management, Tactical Management and Operative Management follow the positions of authors in the Quality Management area (Carvalho et al., 2017; Goetsch and Davis, 2016; Marshall, 2006). In order to provide the managerial capacity to efficiently satisfying the energy needs of the production process, the manufacturing process is described.

### Stage 2:

During the product realization process, more than 70% of the high energy consumption equipment is dispended.

The sub-process of burning requires much time (approximately 26 days), due to the high dependence of the relative humidity conditions, and the season of the year, what influence the duration of drying. It consumes the total of energy suppliers and the technical specifications should be closely observed since it causes the greatest amount of losses due to poor quality. A bad operation can imply the loss of all the products.

The typology for the brick production and the requisites are defined in branch norms (NC 360: 2005) that are achieved through process norms (figure 3). Brick production has been a permanent reason for concern and attention in different countries, due to the characteristics of the production process (Luby et al, 2015; Gomes and Hossain, 2003).

In the burning process of the ceramic products the cooking is done, with high temperature level (higher than 850°C). Homogeneity is needed in all the furnace equipment to avoid heat, fume leaking to the atmosphere and guarantee the main quality parameters of the finished production.

In the evaluation of the preheating and cooking stages, the efficiency and effectiveness indicators were considered: percentage of absorption, with incidence in the resistance to the rupture of the finished product (it defines the use); percentage of defective units, that affects the cost of production; and indices of consumption of fuel oil and fuel wood that determine the energy efficiency.

These indicators of energy efficiency and finished product quality are essential in making strategic decisions that have improvements in the customer value chain, as well as the incorporation of new knowledge and skills in the management team (Domínguez and Barroso-Castro, 2017). According to Paladini (2011), the goal of analyzing and evaluating processes effectively is a fundamental element of quality management.

### Stage 3:

For the study of causes, three years of activity of the enterprise were analyzed, in which 68.5% of the combustible used was fuel oil and 19.9%, fuel wood.

<b>ENTERPRISE:</b> Construction Material production		<i>Brick Production Process</i>
<b>Process:</b> Brick production Process		<b>Owner:</b> Central Administrator
<b>Mission:</b> To perform brick production achieving the quality parameters established for the satisfaction of customers.		<b>Documentation:</b> FD7.
<b>SCOPE</b>	<b>Starts:</b> When there is raw material, technology and qualified personnel. <b>Includes:</b> Preparation of the raw material forming the product, drying, baking and selection.	
<b>Inputs:</b> Orders from customers. Raw materials and energy carriers. <b>Suppliers:</b> Logistics.		
<b>Departures:</b> Signed contracts, finished production and realizes sales. <b>Clients:</b> External customers.		
<b>Inspections:</b> Weekly inspection of quality and evaluation of consumption.		<b>Records:</b> Control by qualities.
<b>CONTROL VARIABLES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosing</li> <li>• Times of the stages</li> <li>• Optimum temperatures</li> <li>• Energy intensity.</li> </ul>		<b>INDICATORS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• % of defective units</li> <li>• % absorption</li> <li>• Consumption index</li> </ul>

Fig. 3: File of the brick production process

Based on the result obtained from the relationship between production and fuel oil consumption (Figure 4), the emphasis was on reducing production losses, on meeting the technical quality requirements of production and on observing the conditions for efficient energy operation. The production of Trinidad municipality was selected due to the analysis of its representativeness (approximately 50% of the hollowed bricks), in addition to the characteristics of the energy scheme, which is aggravated by technological obsolescence, and clay characteristics of the deposits (high content of iron oxides and silicates), which imply a higher melting point. The behavior of losses in the brick production plants of the municipality of Trinidad is shown in figure 5.

The production losses in process are above average (5%). Santa Bárbara production plant, in April (2017), doubles the losses compared to the average. This situation implied a loss of income in the enterprise of US\$ 3,743.64 in a year, what represents about 118,469 thousands of units (bricks).

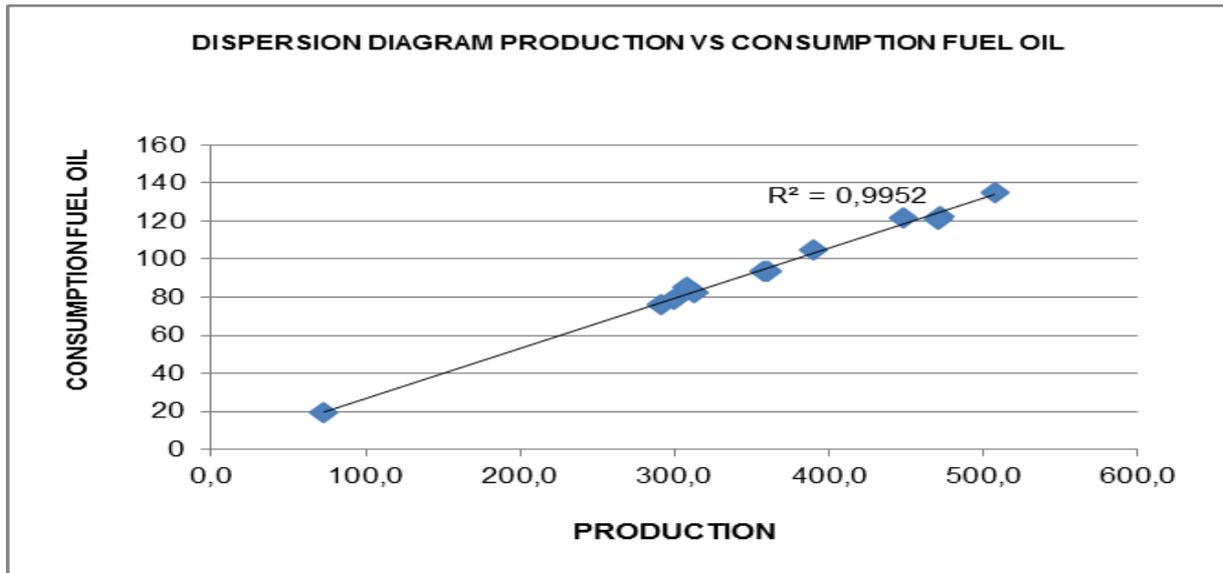


Fig. 4 Relation between production and fuel oil consumption (a year analysis)

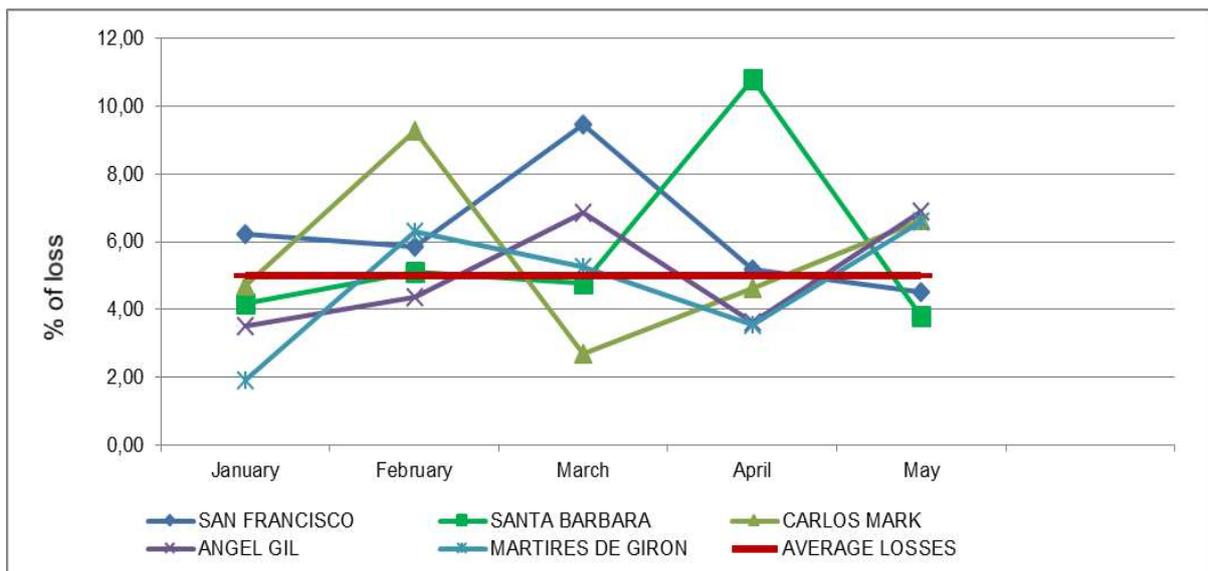


Fig. 5 Loss rate in Trinidad brick production plants

#### 4. Diagnosis and project of improvement for the study case

The Pareto analysis obtained from the technical reports of the nonconformities allowed to identify that in the process losses, low resistance caused 61% of the nonconformities in the finished production (>16% of absorption).

Other nonconformities are classified as cracks, out of dimensions and as contraction which are achieved in the drying sub-process (inefficiency in the productive process).

In the burning, where the causes of higher incidence of nonconformities are concentrated (see Table 1), almost all the high energy consumption equipment are used since, as stated above, it is a very extensive process (approximately 26 days). This demonstrates the need for an improvement process approach in burning.

NONCONFORMITY	CAUSES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Products with low resistance (more than 16% absorption)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficulties and inefficiency in burning</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Products out of dimension</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficulties in molding and shrinkage during drying.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Products with cracks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poor preparation of mixtures</li> </ul>

Table 1. Nonconformities and their causes. Source: Technical reports.

In preheating, the bricks are baked in different percentages of moisture and fuel wood has irregularities in drying, which involves additional time and energy costs to bring the total mass of the furnace to the optimum temperature. While cooking, burners are open to the atmosphere, which have high temperature variability. Their heat dissipates to the atmosphere in the superior area, which implies the increase of temperature in the inferior area in a value greater than 900°C. The fusion of the material placed often occurs. The entire situation requires attention and monitoring, to detect opportunities for improvement in the efficient use of energy, and in the consumption practices for the technological process. For this purpose, the causes associated with the insufficiencies in the flaring (grouped by categories) were classified (Figure 6).

To achieve the quality parameters of the finished product, the analysis of nonconformities has been structured. The conclusions are reflected on brainstorm process and they are weighted by the Delphi Method (Oliveira et al., 2016). The consensus is evaluated by the Kendall coefficient ( $W = 0.857$ ).

The following priorities were obtained:

- (1) Required temperature levels are not achieved in the upper half of the furnace.
- (2) There are lack of air-tightness and leakage of heat into the atmosphere.

(3) It is necessary to identify personnel who decide on energy efficiency, and to train in a specialized way the management and personnel involved in the production, transformation or use of energy.

- (4) The brick closed position in the furnace.
- (5) There is not heat circulation.
- (6) The frames of burners were stuck (archery of the ovens jammed).
- (7) There were leaks in the burning systems.
- (8) The drying of wood for preheating was insufficient.
- (9) The quality of fuel oil was low.
- (10) The temperature control was inaccurate.

The analysis of the indicators of the first semester in this study (year I) in the “Mártires de Girón” production plant from Trinidad bricks production industry (deposit with high content of iron oxide and silicates) evidences the criticality of the process (utilization of Creole burners and centralized ventilation systems). Figure 7 shows the case of water absorption. The non-homogeneity of the burner temperature affects the non-compliance of the resistance parameters of the ceramic (not transformed). In addition, the inefficient combustion implies insufficient heating of the furnace and also generates great amount of smoke to the atmosphere.

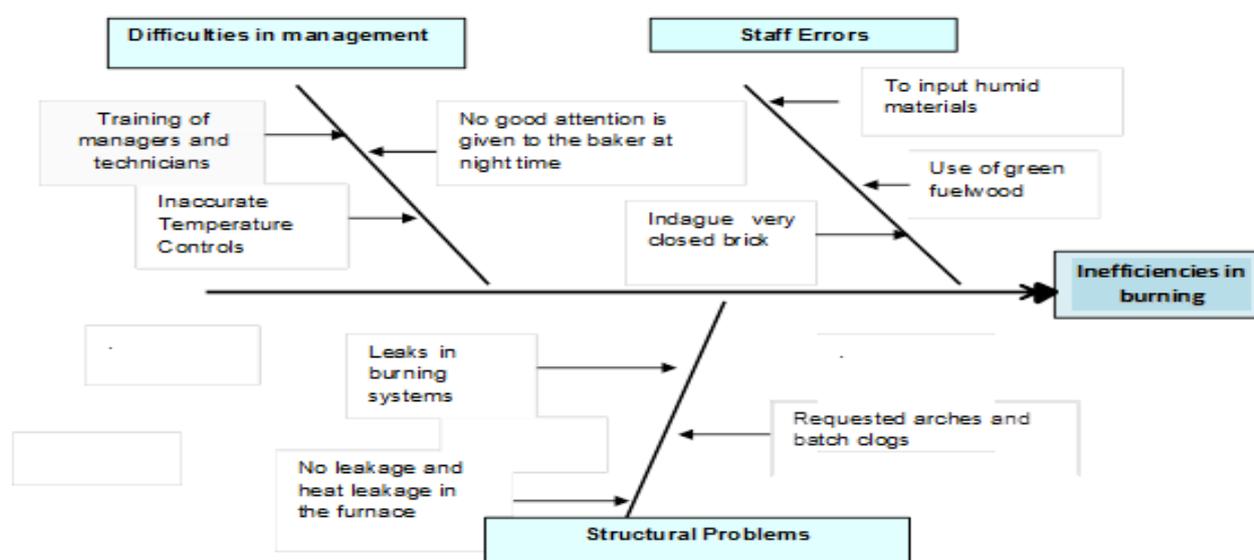


Fig. 6 Possible causes that influence on the burning inefficiency

This behavior is characteristic of the Trinidad Municipality (the same raw material), and constitutes the main cause of the customer complaints, related to the nonconformity in the quality requirements of the finished product.

#### 4.1. Analysis of improvements for the study case

The situation analyzed is recurrent for years in the enterprise. However, due to the lack of a process approach, the magnitude of the problem had not been recognized. Figure 8 represents the scheme to follow in implementing the improvements. From the main cause categories (Figure 6), the structural and functional stages for improvements are established for improvement opportunities, namely, the structural and the functional stages.

- Structural stage: Organizational and personnel phases are established, involving actions related to improvements in supply management, requirements, flow of activities and training of personnel.

- Functional stage: Improvements are made on phases of capacity and control and are linked to actions of changes in the process.

Once the actions are implemented (date / deadlines / participants / responsible), the process indicators are evaluated as a contribution to the organization and planning of the work. Once favorable results are reached, new opportunities are identified. If an unfavorable result is observed, the phases and actions executed are reconsidered.

The constructive technology of the furnaces is similar in all the production plants of the province. Burners are open in their superior parts, with great heat blasting. It is necessary to homogenize the temperature, in particular by the valued characteristics, in the industries of the municipality of Trinidad, which does not reach the planned results. The actions in this respect, according to the specialized literature (Reyes, 2012), are oriented towards technologies for the construction of the furnaces, which includes the artisan ones, closed with a hermetic roof, dome-typed, to make better use of heat, with closed gas circulation, better distribution of the internal temperature and minimum heat loss by emanation into the atmosphere.

With these elements and as shown in Table 2, the improvement for Trinidad's "Mártires de Girón" production plant was designed.

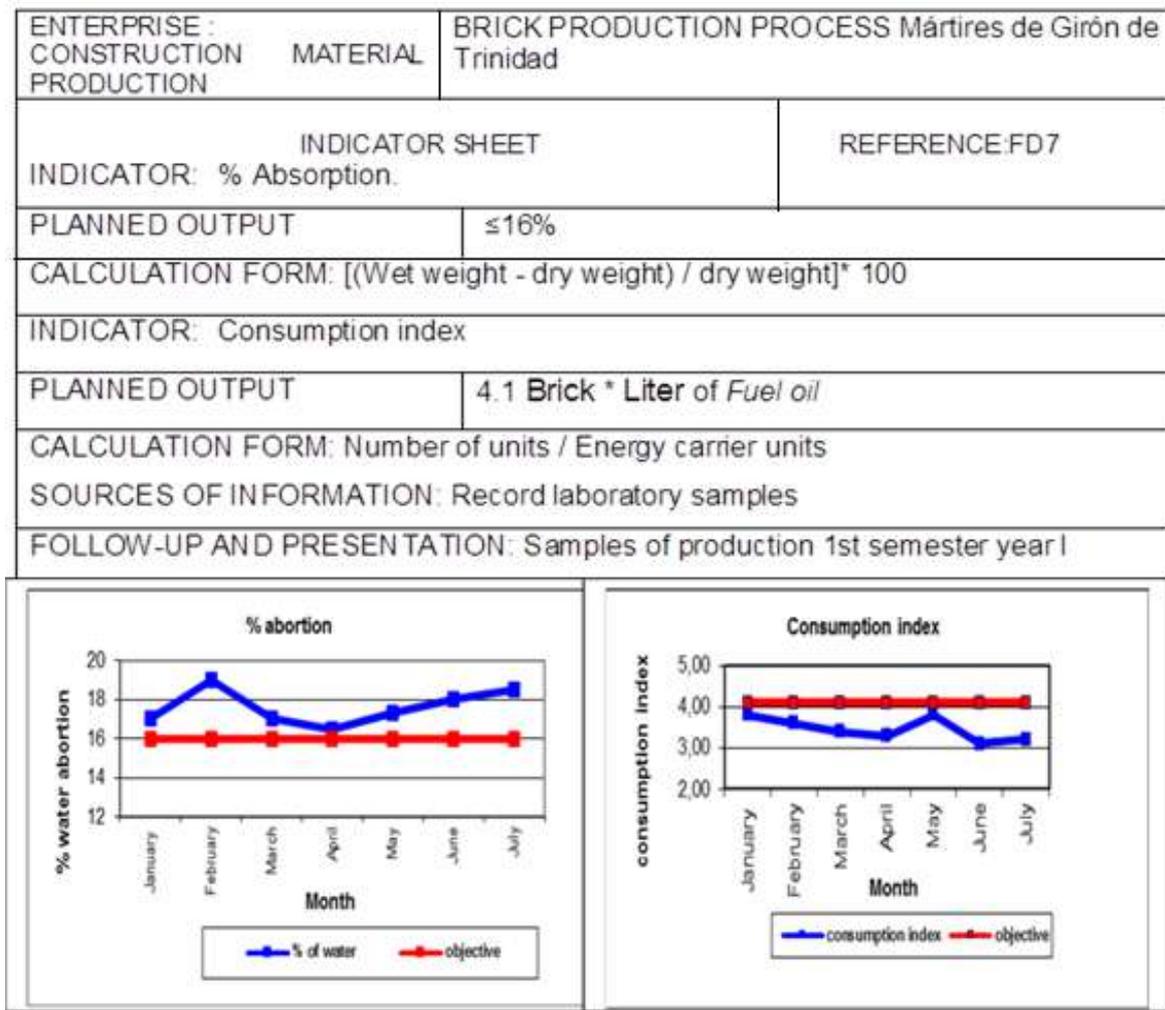


Fig. 7 Indicators file: percentage of water abortion- consumption index

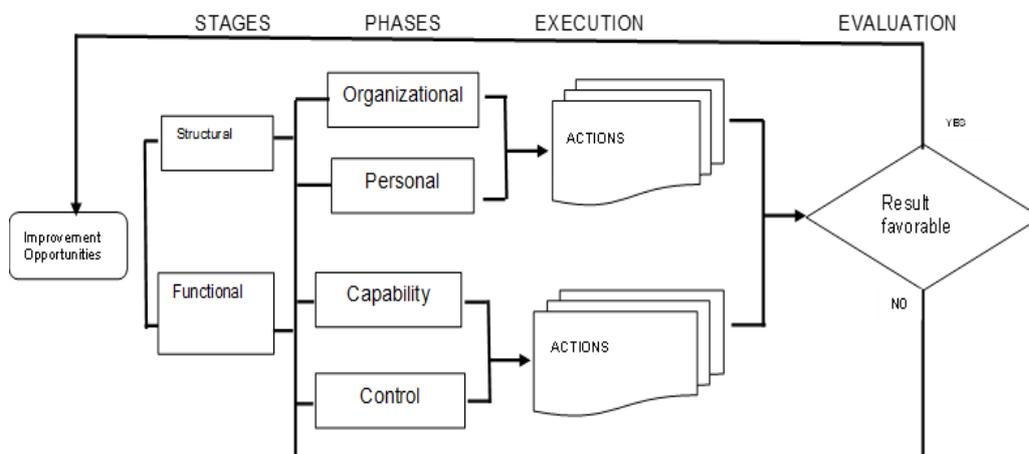


Fig. 8 Flow Diagram to implement the improvements

The placement of domes and the other actions brought about a decrease in production defects, improvements in the quality requirements of the finished product, and a reduction of the consumption index. In six months fuel oil consumption decreased in 11,000 liters (US\$ 330.00). Figure 9 shows the improvement of the “Mártires de Girón” production plant, based on the Juran Quality Trilogy, in a new "quality control zone" with values of losses between 0.5 - 1.5%, which represented loss rates at least 1.6 times lower.

Type of improvement	Action	Date / fulfillment Year of study	Participation	Responsible
Structural	Include in the contract with the refinery and forestry clauses regulating the quality of fuel oil and fuel wood.	July	Commercial and legal technician	Director and Head of Supply Responsible
	Instruct staff working on quality issues related to: Moisture of the baking bricks. Correct endague in the furnaces so that there is adequate circulation. Correction of leaks and correct manipulation of the burner.	November	Technical staff and experts	Technical Head and trainer
Functional	Calculation, design and installation of ovens with vault dome on the “Mártires of Girón” that reduce the escape of smoke and heat to the atmosphere and keep the heat in the top of the oven.	December	Civil construction technician and construction brigade	Director U/B Trinidad and Production Manager
	Manage the purchase of pyrometers to achieve temperature control.	October	Purchasing specialist	Director and Head of Supply

Table 2. Action Plan for the improvement

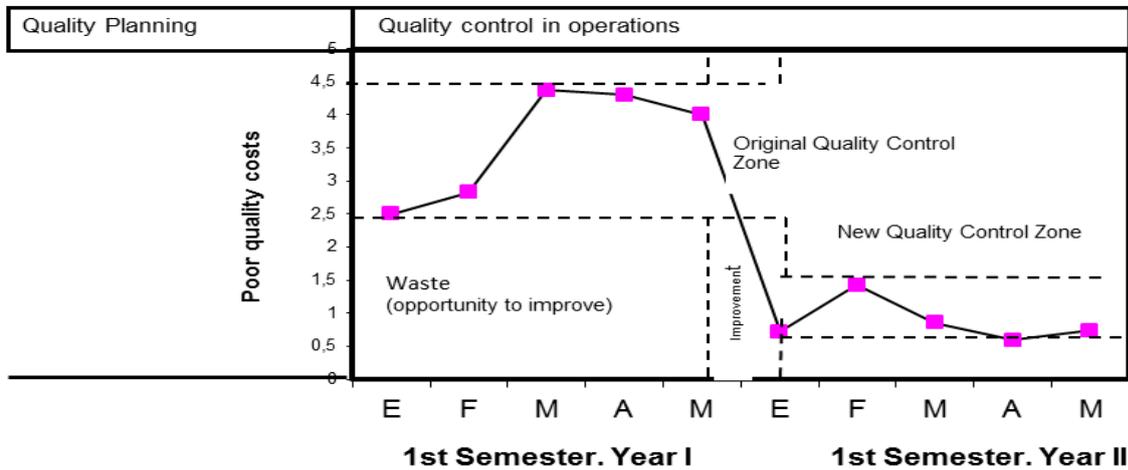


Fig. 9 Analysis of losses before and after the improvement actions in “Mártires de Girón” production plant

The evaluation of the significance of the improvement shown in Figure 10 compares loss reduction from year to year, in range, and median (4 to less than 1).

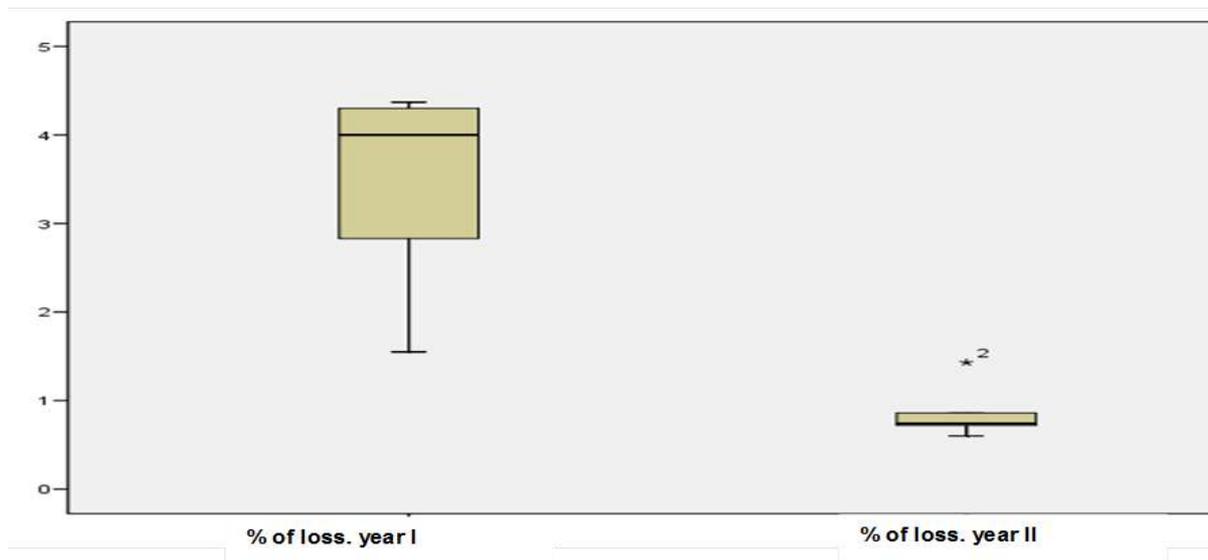


Fig. 10 Improvement signification in range and median

These reductions in losses, in relation to the fulfillment of the quality requirements, are shown in Figure 11, with the decrease of the amount of raw brick with more than 16% of humidity in year II.

The monitoring and measurement of the process improvements by changing the furnace cover, are expressed by indicators (Table 3). They include decrease in "% of defective units"; reduction of production costs and compliance with the quality requirements of finished production. It is important to point that the "% of absorption" indicator has meant a greater effectiveness in the burning and also a reduction in the consumption of fuel oil and fuel wood.

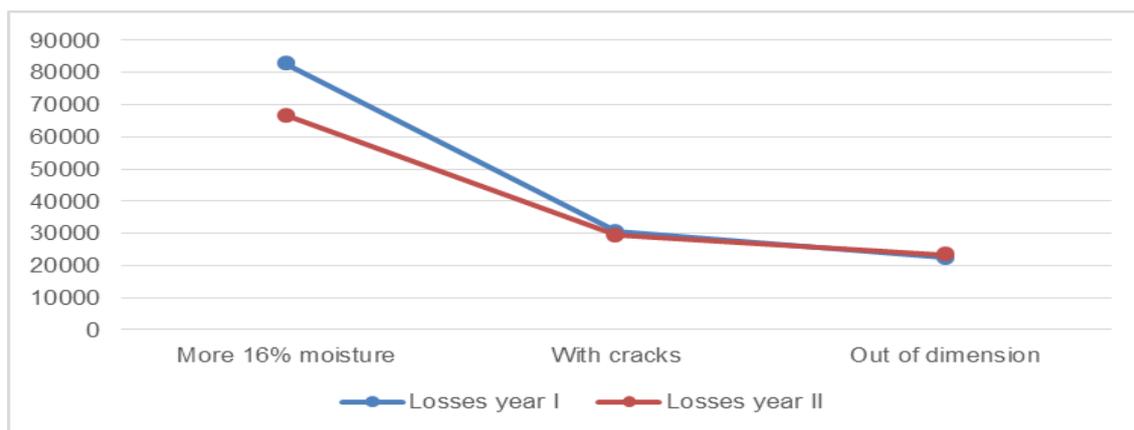


Fig. II Improvement in the quality requirements in Trinidad brick industries

Process	Improvement Actions	Improvement type		Indicator	Plan	Current	Result
		ST	FU				
Bricks Production	Calculation, design and assembly of valuated dome furnaces on the "Mártires de Girón" roof that reduce the escape of smoke and heat to the atmosphere and keep the heat in the upper part of the furnace.		X	% of defective units	3%	2.38%	-
				% of absorption	<16%	13.48%	-
				Index of consumption	4.1	4.12	-

Improvement type: ST: Structural; FU: Functional.

Table 3. Result of the observation and the indicator measurements

The same concern regarding the use of ovens exists in relation to other forms of burning, such as the use of stoves, for example (Jones, 2015). Different areas have been considered when the use of ovens is necessary (Despotovic and Babic, 2018).

These processes involve high-consumption equipments with more than 88.4% in the consumption structure of the enterprise. Besides, resistance to rupture increased. With that improvement, the possibility of using the products in more complex constructions and edifications was verified.

To maintain the improvements and extend them to the remaining production plants of Trinidad and to other type of productions, the managing structure of the enterprise elaborated an action plan (Table 4) where elements such as personnel training, university supervision and investment planning have been incorporated.

	Action	Fulfillment	Participation	Responsible	Observations
1	Train the company's personnel in the energy field, fundamentally those related to the areas with highest consumption of energy carriers.	Annual	All workers	Enterprise manager	
2	Create mechanisms to motivate staffs who decide on energy efficiency and dissemination about the need for energy saving in the enterprise	Permanent	Workers at key positions	Energy specialist	Permanent execution. Use of moral and material simulation
3	Include in the planning the replacement of the ceiling of the furnaces by vaults in all the centers of Trinidad	July Year II	Centers of Trinidad Manager	Enterprise manager	It is foreseen in the plan of economy
4	Use energy intensity as an instrument to measure efficiency and for decision making	Permanent		Enterprise manager	
5	Implement the Total Efficient Energy management Technology (TGTEE) in the enterprise by defining IT resources for the energy area	December Year I		Enterprise manager	Participation of university specialists

Table 4. Action plan to maintain the achieved improvements

From this plan to maintain the improvements and generalize the procedure in the rest of the production plants, two plants of the Municipality of Sancti Spíritus were selected which manufacture (1) clay tiles and (2) clay pipes. The clay used has more plasticity than that of production plants from Trinidad and requires a maximum heating temperature of about 45°C, a parameter that facilitated the optimization of the burning process. With the proposed generalization, it was possible to achieve greater reductions than those achieved in the production of bricks (Table 5).

Other type of productions	Fuel consumption Liter / units	
	Before the improvement	After the improvement
Roof tiles	0.1125	0.0952
Clay pipes	1.2937	1.0990

Table 5. Improvement in the consumption index - procedure generalization for roof tiles and (2) clay pipes

With these indicators and according to the monthly production of clay tiles (60,000 units and 10,000 pipes), they consumed in the semester 6,228 liters less in floor tiles and, in pipes, 11,682 liters less (Figure 12). These elements support the effectiveness of the procedure, which has a positive impact on one relevant indicator for the management in the construction material enterprise.

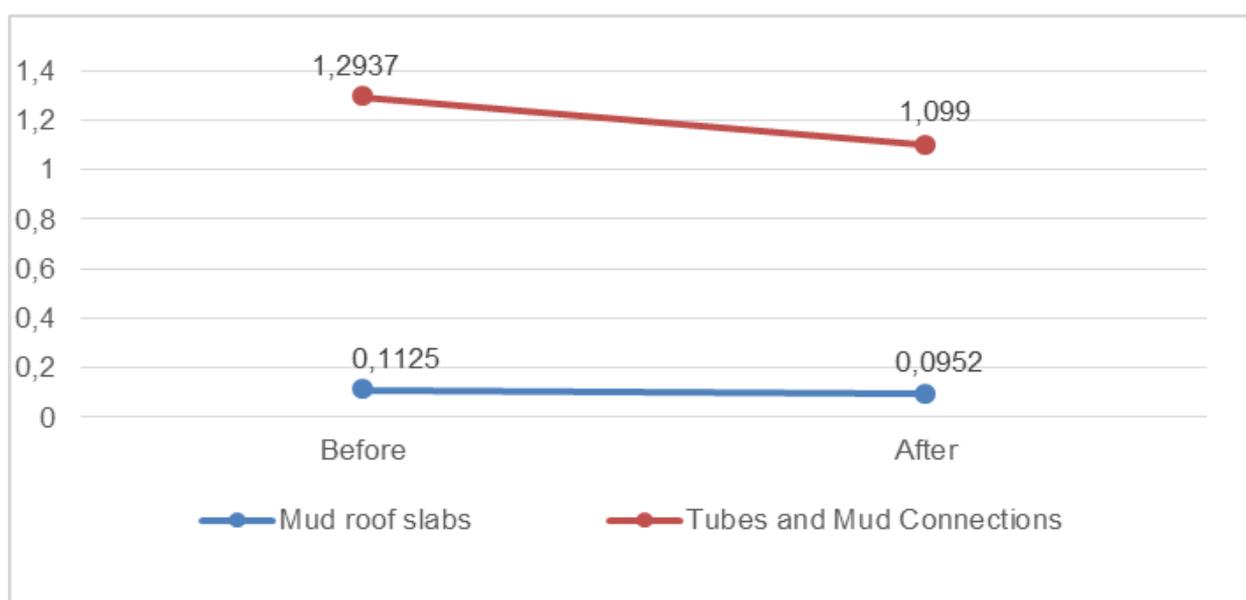


Fig. 12 Reduction of the fuel oil consumption in a semester per production

The procedure conception, the outcomes obtained in the study case and the generalization realized in other types of productions, allowed the authors to obtain a model that support a structure to organize the execution of energetic improvements in the industrial process of the oriented actions. It is presented in four stages: training, motivation, instrumentation and evaluation (Figure 13).

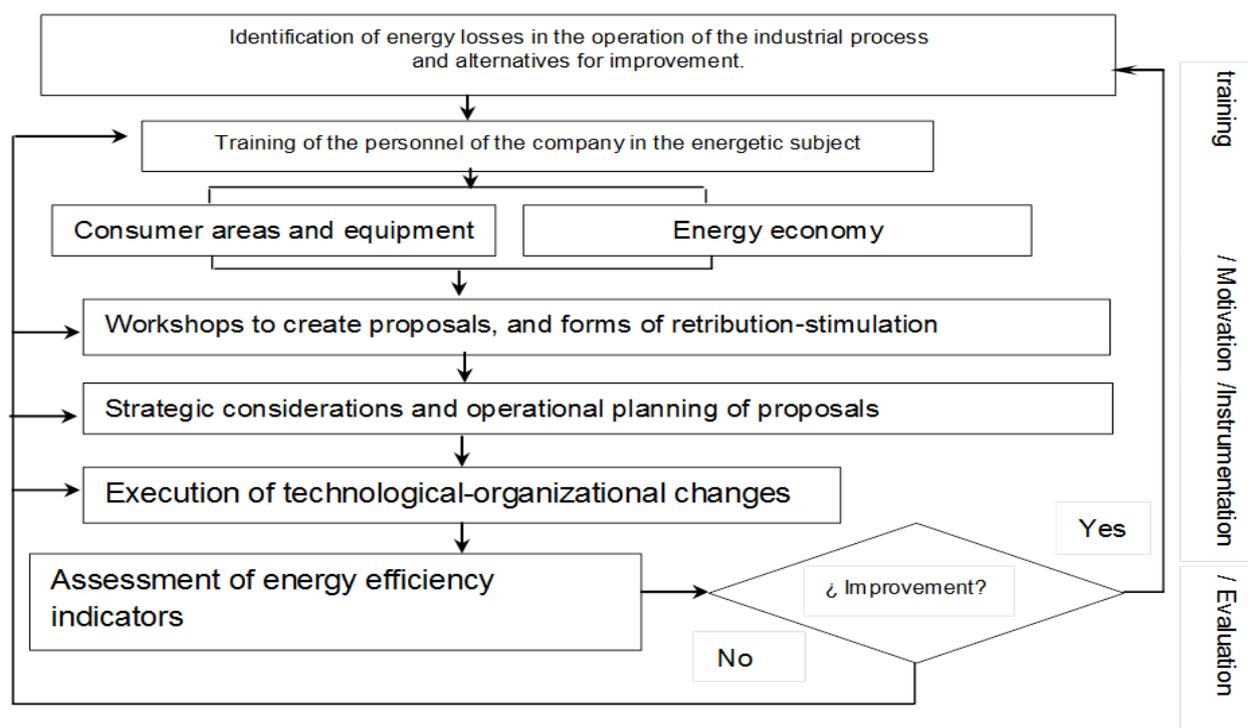


Fig. 13 Procedure to maintain the improvements

It must be noted that the experiences of the construction material production are conceptualized, departing from the quality improvements in energy management. It is an experience that can be extended to other organizations.

Continuous improvement in productive processes has an impact on several areas of the organizations, like enterprise perspicacity and leadership; critical and analytical thinking; employee performance and cultural change. It also affects the process management, improvement tools and quality value. All these changes come from a perspective strategy, related to the organizational sustainability (Cudney and Keim, 2017). Not unreasonably, alternative sources of energy, such as wind, are always considered and a permanent source of study (Jones and Gautam, 2014).

## Conclusions

The conclusions obtained in this case study are the following:

1. The quality improvement in industrial processes, particularly in the manufacture of building materials, when analyzed from the perspective of quality approaches, facilitates the projection of quality practices with impact on business strategy. This is essential in the development of managerial activities. These activities systematically detect alternatives for improvement through the selection and development of tools, which with a process approach, integrate organizational and technological aspects. With better exploitation of available technology, it is possible to raise current levels of energy efficiency and production quality.
2. In the brick production process, the highest consumption of energy is observed (>70%). In the production plants of Trinidad municipality, the clay that is processed has a high content of iron oxides and silicates (higher melting point), and although they have low technological development, they assume approximately 50% of the brick production of the territory. This situation results in non-compliance with technical requirements for the low quality of the finished product, with losses higher than average (5%), so that no more than US\$ 3,743.64 is allowed in the year. The evidence of the opportunity for improvement is clearly present here.
3. In the analysis of the total losses of the five brick-making production plants of Trinidad in years I and II a decrease of the crude brick ( $\geq 16\%$  of humidity) in the factories was evidenced by improvements made only in one production plant. A new quality control zone (according to Juran Quality Trilogy) was defined in year I (2.5-4.5% losses). For year II, losses were fixed on 0.5-1.5%. This involved planning a level of losses at least 1.6 times lower and variability 2 times lower. In addition, a reduction of the consumption index of 0.2739 to 0.2386 L/brick, in the furnace was achieved, for a saving of 11,000 liters of fuel oil in 6 months.
4. The actions established by the management staff were aimed at preserving the improvements achieved and extending them to other production centers. This way, significant improvements were achieved in fuel consumption rates, in units of the municipality of Sancti Spiritus dedicated to the manufacture of roof tiles and clay pipes. For both products the raw material used had parameters that facilitated the optimization

of the burning process, expressed in significant savings in fuel consumption according to the volume of production executed: 6,228 L/ semester in roof tiles and 11,682 L/ semester in pipes.

5. This research identifies best quality management practices and approaches to improve production performance based on the quality product degree and the orientation of the process technology used in the manufacturing system (Leffakis, 2016; Sarosky, 2017).

This study dealt with an industrial sector that plays an important role in the economy of developing countries, which is that of construction materials, a sector that generates many jobs and produces resources for the people involved.

For this sector, this research shows considerable improvements, particularly in terms of energy management, which is also a major priority for developing countries. In this sense, a model is presented to execute actions aimed at energy improvements in an industrial process, where experiences are conceptualized, and according to the development of competences in quality professionals as proposed by Cudney and Keim (2017).

It should be noted that the conclusions presented here, the results displayed and the recommendations made are directed to the studied industry. The generalization of these aspects is limited to the analytical context of the study.

## References

- Abu- Jarour, Sahar F. (2016). Management Practices and Their Impact on Organization Performance. *International Journal of Management Sciences and Business Research*, 2 (6).
- Agrafiotis, C; Tsoutsos, T. (2001) Energy saving technologies in the European ceramic sector: a systematic review. *Applied Thermal Engineering*, 21(12), 1231-1249.
- Aguilera, J. (2020). Análisis de viabilidad técnica del suministro de energía eléctrica en Mantecal, estado Apure, mediante un sistema solar, *Revista de la Universidad del Zulia*, 11 (29), 239-253. DOI: <http://dx.doi.org/10.46925//rdluz.29.15>
- Alcorta, Ludovico; Bazilian, Morgan; De Simone, Giuseppe; Pedersen, Ascha. (2014) Return on investment from industrial energy efficiency: evidence from developing countries. *Energy Efficiency*. 7(1), 43–53.
- Almeida, Ricardo M. S. F.; Pinto, Manuel; Pinho, Paulo G.; Lemos, Luís T. de Lemos. (2017). Natural ventilation and indoor air quality in educational buildings: experimental assessment and improvement strategies. *Energy Efficiency*. 10(4), 839 – 854.

Appolinário, F. (2006). Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning.

Aquilani, Barbara; Silvestri, Cecilia; Ruggieri, Alessandro; Gatti, Corrado. (2017). A systematic literature review on total quality management critical success factors and the identification of new avenues of research, *The TQM Journal*, 29(1).

Balali, M. H.; Nouri, N.; Omrani, E.; Nasiri, A.; Otieno, W. (2017). An overview of the environmental, economic, and material developments of the solar and wind sources coupled with the energy storage systems. *International Journal of Energy Research*. 41(14), 1948–1962.

Banks, Jerry. (2004). *Principles of Quality Control*. New York: John Wiley & Sons.

Beltrán Sanz J., Carmona Calvo M. A., Carrasco Pérez R., Rivas Zapata M. A., Tejedor Panchon F. (2001) *Guía para una gestión basada en procesos*. La Habana: Instituto Andaluz de Tecnología.

Berg, Sanford V. (2015). Energy efficiency in developing countries: Roles for sector regulators. *Energy for Sustainable Development*, V. 29, December 2015, 72-79.

Berto, R. M. S.; Nakano, D. N. (2000). A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. *Produção*, 9(2), 65 - 76.

Bhati, Abhishek; Hansen, Michael; Chan, Ching Man. (2017). Energy conservation through smart homes in a smart city: A lesson for Singapore households. *Energy Policy*. V. 104, May 2017, P. 230-239.

Cai, Y. P.; Huang, G. H.; Yang, Z. F.; Lin, Q. G.; Bass, B.; Tan, B. (2008). Development of an optimization model for energy systems planning in the Region of Waterloo. *International Journal of Energy Research*. 32(11), 988–1005.

Cantore, Nicola. (2017). Factors affecting the adoption of energy efficiency in the manufacturing sector of developing countries. *Energy Efficiency*. 10(3), 743-752.

Capelo, Carlos; Dias, João Ferreira; Pereira, Renato. (2018). A system dynamics approach to analyse the impact of energy efficiency policy on ESCO ventures in European Union countries: a case study of Portugal. *Energy Efficiency*. 11(4), 893-925.

Carvalho, Marly Monteiro; Paladini, Edson Pacheco; Rotondaro, Roberto Gilioli; Samohyl, Robert Wayne; Miguel, Paulo Augusto Cauchik; Bouer, Gregório e Ferreira, José Joaquim do Amaral. (2017) *Gestão da Qualidade. Casos e Prática*. Terceira Edição. Rio de Janeiro: Editora Campus.

Cauchick Miguel, Paulo Augusto. (2007). Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, São Paulo, 17(1), 216-229.

Cetiner, Ikbali; Metin, Buket. (2017). Economic performance assessment of residential building retrofits: a case study of Istanbul. *Energy Efficiency*. 10(5), 1061-1079.

Cudney, Elizabeth A.; Keim, Elizabeth M. (2017). The Changing Role of Quality in the Future: Required Competencies for Quality. Professionals to Succeed. *Journal for Quality and Participation*. 39(4).

Del Castillo Sánchez, Luis. (2016) El perfeccionamiento de la gestión de la empresa estatal y sus retos actuales en Cuba. *Economía y Desarrollo*. 156(1), 142-154

Despotovic, Milan; Babic, Milun. (2018) Analysis of different scenarios of car paint oven redesign to achieve desired indoor air temperature. *Energy Efficiency*. 11(4), 877-891.

Do, Huven; Cetin, Kristen S. (2019) Data-Driven Evaluation of Residential HVAC System Efficiency Using Energy and Environmental Data. *Energies* 2019, 12(1), 188; <https://doi.org/10.3390/en12010188>

Domínguez, Marta; Barroso-Castro, Carmen. (2017). Managerial change and strategic change: The temporal sequence. *Journal of Management and Organization*. 23(1).

Fernández Velásquez, Leyat; Aballe Infante; Luis; Carbonell Morales; Tania. (2014). Aplicación de Gestión Total Eficiente de Energía en el Centro Internacional de Salud “La Pradera”. *Ingeniería Energética Vol. XXXV, No. 2*. P. 112 – 121.

Fielden, D.; Jacques, J. K. (1997). Changing the management perspective on energy systems: how small clusters—and islands—can achieve greater cost and energy efficiencies. *International Journal of Energy Research*. 21(9), 767–786.

Filippín, Celina; Ricard, Florencia; Larsen, Silvana Flores; Santamouris, Mattheos. (2017). Retrospective analysis of the energy consumption of single-family dwellings in central Argentina. Retrofitting and adaptation to the climate change. *Renewable Energy*, V. 101, 1226-1241.

Foran, Tira; Pont, Peter T. du; Parinya, Pantom; Phumaraphand, Napaporn. (2010). Securing energy efficiency as a high priority: scenarios for common appliance electricity consumption in Thailand. *Energy Efficiency*. 3(4), 347 – 364.

Gil, A. C. (2016). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. São Paulo: Atlas.

Goetsch, David L.; Davis, Stanley. (2016). *Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Goldemberg, José; Johansson, Thomas B.; Reddy, A. K. N; Williams, Robert H. (1994). Energy efficiency from the perspective of developing countries. *Energy for Sustainable Development*. 1(2), 28-34.

Gomes, Edmond; Hossain, Ijaz. (2003) Transition from traditional brick manufacturing to more sustainable practices. *Energy for Sustainable Development*, 7(2), 66-76

Gómez Avilés, B. (2007). Procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar. Tesis Doctoral. Facultad de Industrial y Turismo, Director: Pons Murgía R. UCLV, Departamento de Ingeniería Industrial.

Gómez Avilés B., Ramírez González V., Echeverría Gómez M. C., Yero Barrios J. C. (2008). Intervención organizacional con incidencia en la mejora de la calidad del proceso industrial azucarero. *Centro Azúcar*, N. 3. P. 53- 58.

Guarin. Maria R.; Morano, Pierluigi; Sica, Francesco. (2019) Integrated Ecosystem Design: An Evaluation Model to Support the Choice of Eco-Compatible Technological Solutions for Residential Building. *Energies* 2019, 12(14), 2659; <https://doi.org/10.3390/en12142659>

Honarpour, Amir; Jusoh, Ahmad; Nor, Khalil M. (2017). Total quality management, knowledge management, and innovation: an empirical study in R&D units. *Total Quality Management & Business Excellence*, V. 1, N. 1.

Hosseini, S. E.; Wahid, M. A. (2014) The role of renewable and sustainable energy in the energy mix of Malaysia: a review. *International Journal of Energy Research*. 38(14), 1769–1792.

Islar, Mine; Brogaard, Sara; Lemberg-Pedersen, Martin. (2017). Feasibility of energy justice: Exploring national and local efforts for energy development in Nepal. *Energy Policy*. V. 105, 668-676.

Jones, Daniel. (2015) World Health Organization has spoken — Improved cookstoves are not clean enough. *Energy for Sustainable Development*, V. 24, 86-87.

Jones, Daniel; Ryan, Casey M.; Fisher, Janet. (2016) Charcoal as a diversification strategy: The flexible role of charcoal production in the livelihoods of smallholders in central Mozambique. *Energy for Sustainable Development*, V. 32, 14-21.

Jones, Daniel; Gautam, D. S. (2014) Energy for sustainable development: Special issue on wind energy. *Energy for Sustainable Development*, V. 22, 1-2.

Juran, J. M.; Gryna, F. (2001) *Quality Control Handbook*. Madrid: Ed. Mc Graw-Hill Interamericana de España.

Leffakis, Zachary Moran. (2016). A Framework to Identify Best Quality Management Practices and Techniques. *Quality Management Journal*. V. 23, N. 1.

Lillo, Pau; Ferrer-Martí, Laia; Boni, Alejandra; Fernández-Baldor, Álvaro. (2015) Assessing management models for off-grid renewable energy electrification projects using the Human Development approach: Case study in Peru. *Energy for Sustainable Development*, V. 25, 17-26

Luby, Stephen P.; Biswas, Debashish; Gurley, Emily S.; Ijaz, Hossain Ijaz. (2015) Why highly polluting methods are used to manufacture bricks in Bangladesh. *Energy for Sustainable Development*, V. 28, 68-74

Mahto, D.; Kumar, A. (2008). Application of root cause analysis in improvement of product quality and productivity. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 01(02). 16-53.

Marcello, Francesca; Pilloni, Virginia; Giusto, Daniele. (2019) Sensor-Based Early Activity Recognition Inside Buildings to Support Energy and Comfort Management Systems. *Energies* 2019, 12(13), 2631; <https://doi.org/10.3390/en12132631>

Marshall Jr., I. (2006). *Gestão da qualidade*. Rio de Janeiro: Editora FGV.

Martínez-Montejo, Samuel A.; Sheinbaum-Pardo, Claudia. (2016) The impact of energy efficiency standards on residential electricity consumption in Mexico. *Energy for Sustainable Development*, V. 32, 50-61.

Matar, Walid; Murphy, Frederic; Pierru, Axel; Rioux, Bertrand; Wogan, David. (2017). Efficient industrial energy use: The first step in transitioning Saudi Arabia's energy mix. *Energy Policy*. V. 105. 80-92. M

Matar, Walid. (2016). Beyond the end-consumer: how would improvements in residential energy efficiency affect the power sector in Saudi Arabia? *Energy Efficiency*. 9(3), 771-790.

Matar, Walid; Anwer, Murad. (2017). Jointly reforming the prices of industrial fuels and residential electricity in Saudi Arabia. *Energy Policy*. V. 109. 747-756.

Mesquita, Luise; Kós, José Ripper. (2017). Towards more resilient and energy efficient social housing in Brazil. *Energy Procedia*, V. 121, 65-70.

McLean, R.; Anthony, J.; Dahlgard, J. (2017). Failure of Continuous Improvement initiatives in manufacturing environments: a systematic review of the evidence. *Total Quality Management & Business Excellence*, V. 28, N. 3.

Mikola, Alo; Simson, Raimo; Kurnistski, Jarek. (2019) The Impact of Air Pressure Conditions on the Performance of Single Room Ventilation Units in Multi-Story Buildings. *Energies* 2019, 12(13), 2633; <https://doi.org/10.3390/en12132633>

Mizuno, Shigeru. (2005). *Gerência para melhoria da qualidade: as sete novas ferramentas de controle da qualidade*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.

Montgomery, Douglas C.; Jennings, Cheryl L.; Pfund, Michele E. (2016). *Managing, Controlling and Improving Quality*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons.

NC 360:2005. *Ladrillos Cerámicos de Arcilla Cocida - Requisitos*. Cuban National Bureau of Standards. Web site: [www.nc.cubaindustria.cu](http://www.nc.cubaindustria.cu).

Ning, S. K.; Yeh, S.C.; Chen, J. C.; Hung, M. C.; Lin, Q. G.; Cai, Y. P. ; Yeh, Y. H. (2013) Identification of optimal strategies for sustainable energy management in Taiwan. *International Journal Of Energy Research*. 37(3), 268-282.

Nofal, A. A.; Omaim, N. Al; Zairi, P. M. (2016). Critical Factors of TQM: An Update on the Literature. *International Journal of Applied Quality Management*. V. 2, Issue 2.

Nordelo, Borroto A. (2006). *Gestión Energética empresarial*. Cienfuegos, Cuba: Centro de Estudios de energía y medio ambiente.

- Nueno, P. (1996). La evolución de los conceptos del management. *Management Review*. 1(1). P. 73-83.
- Oliveira, Joelma de Souza Passos de; Costa, Maria Murrieta; Wille, Marina Ferreira de Castro. (2016). *Introdução ao método Delphi*. Curitiba: Mundo Material.
- Owedraogo, Nadia S. (2017). Africa energy future: Alternative scenarios and their implications for sustainable development strategies. *Energy Policy*. V. 106, 457-471.
- Paladini, E. P. (2011). *Gestão da Qualidade no Processo*. S. Paulo: Atlas.
- Paladini, E. P. (2016). *Gestão Estratégica da Qualidade. Princípios, métodos e processos*. Segunda Edição. Revista e atualizada: A qualidade e as lições da crise. São Paulo: Editora Atlas.
- Poddar, Sinchita; Park, Dongyoon; Chang, Seongju. (2017). Energy performance analysis of a dormitory building based on different orientations and seasonal variations of leaf area index. *Energy Efficiency*. 10(4), 887-903.
- Reyes, Romero Danielys. (2012). Anteproyecto de un Horno vertical continuo en condiciones alternativas. Trabajo de Diploma. Facultad de Construcciones. Departamento de Ingeniería Civil. Repositorio- UCLV. [dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/4986](https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/4986).
- Rodriguez, Gracia; Alegre, Francisco Javier; Martínez, Germán. (2011). Evaluation of environmental management resources (ISO 14001) at civil engineering construction worksites: A case study of the community of Madrid. *Journal of Environmental Management*. 92(7), 1858-1866.
- Salas J., Oteiza I. (2008). La industria de materiales básicos de construcción ante las ingentes necesidades actuales de edificación. *Materiales de Construcción*. 58(292), 129- 148.
- Sarosky, Daniel K. (2017). Small Changes, Big Results. *Quality Progress*. February 2017.
- Selmer, Jan. (1993) Energy-conservation management in organizations. *International Journal of Energy Research*. 17(3), 221-227.
- Sivill, L.; Manninen, I. H.; Ahtila, P. (2013) Success factors of energy management in energy-intensive industries: Development priority of energy performance measurement. *International Journal Of Energy Research*. 37(8), 936-951.
- Tenner, A. R.; DeToro, I. J. (2007). *Total Quality management*. Reading, Mass.: Addison Wesley Pub. Co.
- Turrioni, J. B.; Mello, C. H. P. (2012). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas*. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá.
- Vasantharayalu; Surajit, Pal. (2016). An empirical study of total quality management (TQM) practices on operational performance of Indian manufacturing and service firms. *International Journal of Management (IJM)*. 7(6), 192- 212.

Yellishetty, Mohan; Karpe, Vanda; Reddy, E.H.; Subhash, K. N.; Ranjith, P. G. (2008). Reuse of iron ore mineral wastes in civil engineering constructions: A case study. *Resources, Conservation and Recycling*. 52(11), 1283-1289.

Ylmén, Peter; Penaloza, Diego; Mjornell, Kristina. (2019) Life Cycle Assessment of an Office Building Based on Site-Specific Data. *Energies* 2019, 12(13), 2588; <https://doi.org/10.3390/en12132588>

Zhang, Fang; Huang, Keman. (2017) The role of government in industrial energy conservation in China: Lessons from the iron and steel industry. *Energy for Sustainable Development*. V. 39. 101-114.

Zierler, Rupert; Wehrmeyer, Walter; Murphy, Richard. (2017). The energy efficiency behavior of individuals in large organizations: A case study of a major UK infrastructure operator. *Energy Policy*. V. 104, 38-49.

## Red neuronal convolucional usando VHDL para entrenar un clasificador de objetos en una imagen

Cesar Arturo Niño Carmonal \*  
Manuel-Jesús Sánchez-Chero \*\*  
Emanuel Ortiz Ortiz \*\*\*  
Juan Carlos Sernaque Julca \*\*\*\*  
Cecilia Lizeth Risco Ipanaqué \*\*\*\*\*

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue implementar una Red neuronal convolucional en hardware usando VHDL. En cuanto a su diseño fue experimental, la investigación inicia con el diseño de una red neuronal convolucional en Software usando Python, donde se utilizó Tensorflow y Keras. Este diseño necesitó un entrenamiento de 6 épocas, para superar el 90% de exactitud al momento de clasificar las imágenes del dataset MNITS. De este diseño se obtienen los parámetros e hiperparámetros, necesarios para el diseño en hardware. Para la implementación del algoritmo en hardware, fue necesario conocer el funcionamiento matemático de las operaciones de convolución, maxpooling y de las redes neuronales, ya que en el software estas operaciones están resumidas en una línea de código. Cada una de estas operaciones fue implementada en bloques diferentes, siguiendo el enfoque modular. La respuesta que se obtiene en el hardware, se muestra en una pantalla usando la comunicación interna de la placa entre el ARM y la FPGA. Esta respuesta obtenida en hardware es similar a la que se obtiene en software y el tiempo en el software es mucho mayor al del hardware. Para esta investigación se utilizó la plataforma SoC basada en FPGA, De-10 Nano.

PALABRAS CLAVE: Red neuronal Convolucional, FPGA, Python, SoC, VHDL

\* Docente Asociado. Universidad Nacional de Piura. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0981-0822>

\*\* Docente Investigador. Universidad Nacional de Frontera. ORCID: Perú. <https://orcid.org/0000-0003-1646-3037>. E-mail: [manuel Sanchez chero@gmail.com](mailto:manuel Sanchez chero@gmail.com)

\*\*\* Bachiller. Universidad Nacional de Piura. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4222-7372>

\*\*\*\* Bachiller. Universidad Nacional de Piura. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3157-8935>

\*\*\*\*\* Jefa (E) de la Unidad de Tecnología de Información y Comunicación. Universidad Nacional de Frontera. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7936-1495>

Recibido: 18/09/2020

Aceptado: 24/11/2020

## Convolutional neural network using VHDL to train an object classifier on an image

### ABSTRACT

The objective of the present work was to implement a convolutional neural network in hardware using VHDL. Regarding its design, it was experimental, the research begins with the design of a convolutional neural network in Software using Python, where Tensorflow and Keras were used. This design required a 6-epoch training to exceed 90% accuracy when classifying the images from the MNITS dataset. From this design, the parameters and hyperparameters, necessary for hardware design, are obtained. For the implementation of the algorithm in hardware, it was necessary to know the mathematical operation of the convolution, maxpooling and neural network operations, since in the software these operations are summarized in a line of code. Each of these operations was implemented in different blocks, following the modular approach. The response obtained in the hardware is displayed on a screen using the internal communication of the board between the ARM and the FPGA. This response obtained in hardware is similar to that obtained in software and the time in software is much longer than in hardware. The FPGA-based SoC platform, De-10 Nano, was used for this research.

KEYWORDS: Convolutional Neural Network, FPGA, Python, SoC, VHDL

### Introducción

A medida que las redes neuronales convolucionales continúan aplicándose para resolver problemas aún más complejos, sus demandas computacionales y de almacenamiento están aumentando enormemente. Convencionalmente, las redes neuronales convolucionales se han ejecutado en CPU y GPU, sin embargo, su bajo rendimiento y/o eficiencia energética presentan un cuello de botella en su uso, como menciona (Mittal. 2018). De acuerdo con (Ovtcharov et al. 2015), las FPGA son plataformas prometedoras para la aceleración hardware de redes neuronales convolucionales, debido a sus características. En general, los FPGA proporcionan una mayor eficiencia energética que las GPU y las CPU y un mayor rendimiento que las CPU como menciona (Mittal, Vetter, 2015).

La investigación consiste en 2 partes fundamentales, como es el diseño de una red neuronal convolucional (CNN) en software, la cual se implementará en hardware usando una plataforma SoC De-10 Nano. La primera parte del proyecto se enfocó en el aprendizaje de la red

neuronal convolucional, utilizando el lenguaje de programación Python, donde se obtuvieron los parámetros e hiperparámetros. A esta etapa también se le conoce como backpropagation en Inteligencia Artificial. En la segunda parte del proyecto se utilizaron los datos obtenidos del aprendizaje para realizar la implementación de la red neuronal convolucional en la plataforma SoC De-10 Nano.

Se diseñó la arquitectura de la red neuronal convolucional usando un lenguaje de descripción de hardware como VHDL para luego implementarla en la FPGA. Esto se realizó para aprovechar el paralelismo que ofrecen la FPGA y la red neuronal convolucional, para lograr obtener una respuesta más eficiente y rápida. A esta etapa se le conoce como forward-propagation en Inteligencia Artificial que es donde se aplica lo aprendido en la etapa anterior. El resultado obtenido se envió al ARM. Se usaron los protocolos de comunicación, para poder enviar datos desde la FPGA hacia el ARM de la plataforma SoC De-10 Nano, donde se ejecutó el sistema operativo en el cual se visualizó la respuesta de la red neuronal convolucional en hardware para clasificación de un objeto en una imagen.

## 1. Material y métodos

La presente investigación, según de Cross (2001), es aplicada; y de acuerdo con Hernández et al, (2014), la investigación desarrollada es de tipo cuantitativa, debido a que se realizó un análisis de la respuesta de la Red neuronal convolucional en Python y su respuesta cuando fue implementada en una plataforma SoC basada en FPGA. En cuanto a su diseño fue experimental (Hernández et al, (2014).

En esta investigación se utilizó el dataset de MNIST. La cual se divide en 2 grupos: uno enfocado en los dígitos escritos a mano del 0 a 9 y otro con diferentes tipos de ropa (10 clases). Estos dataset consisten en un conjunto de entrenamiento de 60,000 ejemplos y un conjunto de prueba de 10,000 ejemplos. Cada ejemplo es una imagen en escala de grises de 28x28, asociada con una etiqueta de 10 clases.

El procedimiento para hacer la implementación de la red neuronal convolucional en una plataforma SoC basada en FPGA, es el siguiente:

1. Diseño de una red neuronal convolucional en Python.
  - 1.1. Importación de librerías.
  - 1.2. Diseño de la red neuronal convolucional con Tensorflow y Keras.
  - 1.3. Descargas de los parámetros (Pesos y Bias) de la red neuronal convolucional entrenada en formato .MIF.
2. Diseño de la arquitectura de una red neuronal convolucional en VHDL.
  - 2.1. Diseño del módulo de convolución 1.
  - 2.2. Diseño del módulo de maxpooling.
  - 2.3. Diseño del módulo de convolución 2.
  - 2.4. Diseño del módulo de Fully Connected.
3. Desarrollo del módulo de red neuronal convolucional en una FPGA.
4. Diseño del hardware para la plataforma SoC.

Se utilizó la técnica de recolección de datos donde se obtuvo el porcentaje de acierto y el tiempo de respuesta en la implementación de la red neuronal convolucional, tanto en Software como en Hardware. La instrumentación de recolección de datos fue mediante fichas o guías de observación.

## 2. Resultados

### 2.1. Diseño de una red neuronal convolucional en Python

Según (Goodfellow et al. 2016) las redes neuronales convolucionales son simplemente redes neuronales que utilizan la convolución en lugar de la multiplicación matricial general en al menos una de sus capas. La red neuronal convolucional propuesta se basó en la arquitectura LeNet-5 propuesta por (Lecun et al. 1998), porque las imágenes de entradas que se analizaron están en escala de grises y tienen una dimensión de 28x28. En la figura 1 se muestra el modelo de la arquitectura LeNet-5, la cual está compuesta por 2 capas de convolución que utilizan un filtro de 3x3, porque requieren una mejor carga computacional como menciona (Géron, 2019). En la convolución 1 se utilizaron 5 filtros y en la convolución 2 se utilizó 16 filtros. Las etapas de maxpooling usa un stride de 2x2, por lo que, por cada 4 píxeles, se escogerá el más grande. La

etapa de Fully Connected está compuesta por 3 sub etapas de redes neuronales, siendo la primera de 120 neuronas, la segunda de 84 neuronas y la última de 10 neuronas. La función de activación utilizada fue Relu en las etapas de convolución y en las 2 primeras redes neuronales. En la última red neuronal se utilizó la función de activación Softmax.

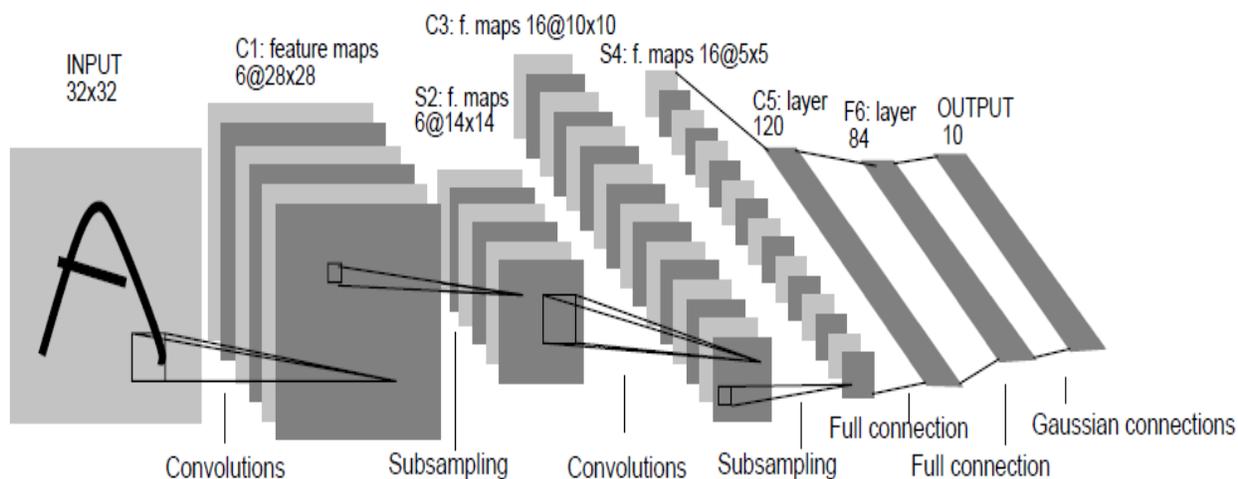


Figura 1. Arquitectura de LeNet-5 para reconocimiento de dígitos.

Fuente: Gradient-based learning applied to document recognition (Lecun et al. 1998)

Como el modelo (basado en la arquitectura LeNet-5) ya fue definido, se realizó la construcción del modelo donde se especificó las condiciones del entrenamiento. Para construir el modelo se usó la función `compile()`, propia de la librería Tensorflow. Lo primero que se declaró en la función, fue la operación de optimización. Se utilizó el optimizador “ADAM”, el cual se utiliza para encontrar los valores correctos de los parámetros. Se escogió a “Sparse Categorical Crossentropy” como la función de costo. Se escogió esta función por las características de la entrada, ya que se tiene etiquetas dispersas y las clases son exclusivas.

Antes de entrenar la red neuronal convolucional, se usó la función `summary()`, la cual nos muestra las capas del modelo, sus características y también la cantidad de parámetros de cada capa, como se observa en la Figura 2.

Model: "sequential"

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 26, 26, 5)	50
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 13, 13, 5)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 11, 11, 16)	736
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 5, 5, 16)	0
flatten (Flatten)	(None, 400)	0
dense (Dense)	(None, 120)	48120
dense_1 (Dense)	(None, 84)	10164
dense_2 (Dense)	(None, 10)	850
=====		
Total params: 59,920		
Trainable params: 59,920		
Non-trainable params: 0		

Figura 2. Resumen de las capas de un CNN  
 Fuente: Elaboración propia

Para entrenar el modelo creado, se utiliza la función `fit()`, en la cual se especificó el conjunto de datos que se van a entrenar: `model.fit (training_images ,training_labels ,epochs=6)`. Para indicar cuantas veces se va repetir el entrenamiento, se iguala a `epochs` (palabra reservada del método) al valor deseado. En este caso se igualó a 6 porque con esta cantidad de entrenamiento el modelo supera el 90% de exactitud, como se muestra en la figura 3.

Para verificar si la red logró aprender, se usa la función `evaluate ()`. A esta función se le ingresan datos que la red no vio durante el entrenamiento. En esta función es donde se hizo uso de las imágenes y etiquetas de prueba: `test_loss = model.evaluate (test_images ,test_labels)`. Estos resultados se muestran en la tabla 1 y en la figura.

```
Epoch 1/6  
1875/1875 [=====] - 24s 13ms/step - loss: 0.5287 - accuracy: 0.8046  
Epoch 2/6  
1875/1875 [=====] - 24s 13ms/step - loss: 0.3625 - accuracy: 0.8658  
Epoch 3/6  
1875/1875 [=====] - 24s 13ms/step - loss: 0.3218 - accuracy: 0.8809  
Epoch 4/6  
1875/1875 [=====] - 24s 13ms/step - loss: 0.2954 - accuracy: 0.8898  
Epoch 5/6  
1875/1875 [=====] - 24s 13ms/step - loss: 0.2729 - accuracy: 0.8974  
Epoch 6/6  
1875/1875 [=====] - 24s 13ms/step - loss: 0.2557 - accuracy: 0.9034  
313/313 [=====] - 2s 6ms/step - loss: 0.3084 - accuracy: 0.8861
```

Figura 3. Datos del entrenamiento de la red neuronal convolucional.  
Fuente: Elaboración propia

Con la red neuronal convolucional entrenada, se procedió a extraer sus parámetros como los Pesos y Bias de cada capa. Estos parámetros se guardaron en un archivo con formato .MIF para inicializar las memorias RAM en la FPGA. Los datos de los parámetros fueron convertidos a un binario de punto flotante, como se requieren en el formato .MIF. Para cada Peso y Bias se inicializa una memoria. Como se muestra en la figura 2, se tiene 5 etapas y en cada una se obtiene los Pesos y Bias de la CNN. Como menciona (Belean, 2018) la imagen a filtrar se almacena en una memoria. Los parámetros como los pesos y bias de las capas de convolución y Fully Connected también son almacenadas en una memoria. Entonces fue necesario inicializar 11 memorias independientes en la FPGA. Son 10 memorias que corresponden a los Pesos y Bias, y 1 memoria donde se inicializa la imagen que será procesada.

## 2.2. Diseño de la arquitectura de una red neuronal convolucional en VHDL

En el diseño del hardware se utilizaron IP Cores proporcionados por el Software Quartus, para realizar las operaciones de punto flotante e inicializar bloques de memorias. Se utilizó un enfoque de diseño modular, para subdividir el sistema en partes más pequeñas. La subdivisión de la red neuronal convolucional se basa en la arquitectura creada en Python.

### 2.2.1. Convolución 1

El bloque de convolución 1, se subdivide en 3 módulos. El primer módulo se encarga de realizar la operación de filtrado, el segundo módulo se encarga de inicializar las memorias de los Pesos y Bias de la convolución 1 y el último modulo es el que controla todo el proceso de asignar los valores de los Pesos y Bias a la operación correspondiente. Antes de diseñar el filtro de 3x3 se configuran los IP Cores de Suma y Multiplicación de punto flotante. Luego se generar las conexiones entre ellos; como el filtro es de dimensión 3x3, la cantidad de parámetros correspondientes a los pesos son 9. Como ni una de las 9 multiplicaciones depende de la otra, estas se pueden realizar en paralelo. De la misma forma se procedió a sumar los resultados de las multiplicaciones.

En la figura 4 se muestra el hardware generado por VHDL. El módulo filtro\_3x3 tiene como entradas los valores de la imagen, los Pesos, Bias y como salida el resultado de la operación de convolución para una parte de la imagen.

El segundo módulo se encarga de calcular el tiempo que demora el módulo de filtro, a partir del valor de la entrada. El tiempo que demora el módulo en darnos una respuesta está en el rango de 7 a 42 ciclos de reloj. Este tiempo depende del tipo de entrada que tengamos como se muestra en la figura 5. El módulo para el filtro de 3x3 se desarrolló la convolución en 5 etapas. La primera etapa consiste en la multiplicación de los pesos con los valores de la imagen. En las siguientes etapas se implementó la suma de los resultados de las multiplicaciones. En la última etapa se implementó la suma del Bias con el resultado total de las sumas anteriores.

En el módulo de control se implementó una máquina de estados compuesta por cuatro estados. El estado 1 es donde se asignan las direcciones para acceder a los datos de las memorias inicializadas. En el caso de la dirección de los pesos, los cinco primeros datos le corresponden al Peso 1, los cinco siguientes al Peso 2 y así sucesivamente. Por este motivo, la dirección del primer peso es " $0 + k$ ", el segundo peso es " $5 + k$ ", y así hasta el noveno peso que es " $40 + k$ ". Se utilizó una variable " $k$ " inicializada en 0, que aumente de 1 en uno. De la misma forma se hizo para acceder a los datos de la imagen, utilizando dos variables que representan el movimiento del filtro sobre la imagen, como se muestra en la figura 6. Este estado tiene una condición, que cuando  $K$  sea igual a 5 todo se detiene. Este 5 representa la cantidad de filtros en la primera convolución.

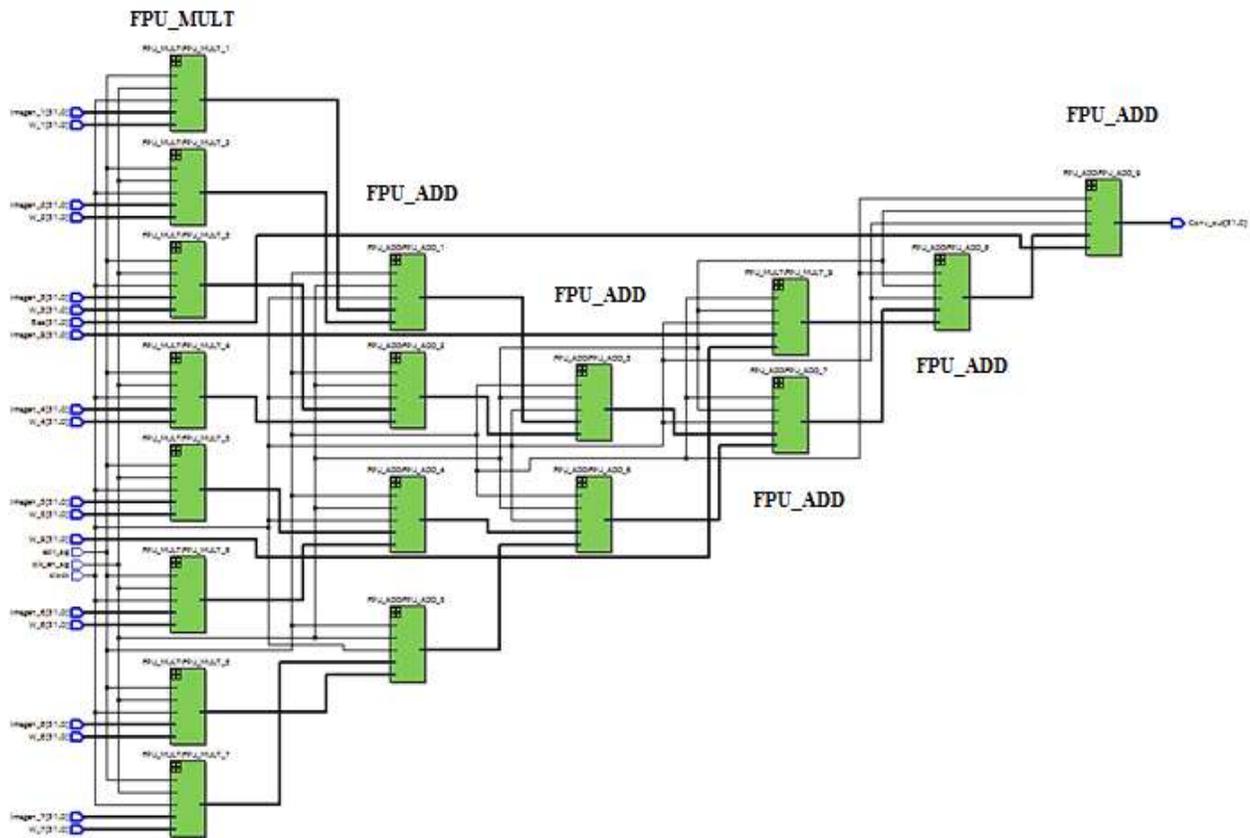


Figura 4. Módulo Filtro 3x3.  
 Fuente: Elaboración propia

```

Process(clock) is
    variable comparador : STD_LOGIC_VECTOR(31 DOWNTO 0);
begin
    if rising_edge(clock) then
        comparador := Imagen_1_sig or Imagen_2_sig or Imagen_3_sig or Imagen_4_sig
                    or Imagen_5_sig or Imagen_6_sig or Imagen_7_sig or Imagen_8_sig;
        if(Imagen_9_sig = "00000000000000000000000000000000") then
            if(comparador = "00000000000000000000000000000000") then
                limite_out_sig<= 7;
            else
                limite_out_sig<= 42;
            end if;
        else
            if(comparador = "00000000000000000000000000000000") then
                limite_out_sig<= 21;
            else
                limite_out_sig<= 42;
            end if;
        end if;
    end if;
end Process;
limite_out<= limite_out_sig;
    
```

Figura 5. Máquina de Estados para determinar el tiempo del módulo Filtro\_3x3  
 Fuente: Elaboración propia

```

when ESTADO_1 =>
    if (k = 5) then
        stop <= '1';
    else

        control_out<= '0';
        counter<=0;
        result_sig <= "00000000000000000000000000000000";
        enable<='1';
        reinicio<='0';
        address_w_1 <= std_logic_vector(to_unsigned(0 +k,6));
        address_w_2 <= std_logic_vector(to_unsigned(5+k,6));
        address_w_3 <= std_logic_vector(to_unsigned(10+k,6));
        address_w_4 <= std_logic_vector(to_unsigned(15+k,6));
        address_w_5 <= std_logic_vector(to_unsigned(20+k,6));
        address_w_6 <= std_logic_vector(to_unsigned(25+k,6));
        address_w_7 <= std_logic_vector(to_unsigned(30+k,6));
        address_w_8 <= std_logic_vector(to_unsigned(35+ k,6));
        address_w_9 <= std_logic_vector(to_unsigned(40+k,6));
        address_Bias <= std_logic_vector(to_unsigned(0+k,3));
        address_Imagen_1 <= std_logic_vector(to_unsigned(i + j*28,10));
        address_Imagen_2 <= std_logic_vector(to_unsigned(i+1 + j*28,10));
        address_Imagen_3 <= std_logic_vector(to_unsigned(i+2+ j*28,10));
        address_Imagen_4 <= std_logic_vector(to_unsigned(i+28+ j*28,10));
        address_Imagen_5 <= std_logic_vector(to_unsigned(i+29+ j*28,10));
        address_Imagen_6 <= std_logic_vector(to_unsigned(i+30+ j*28,10));
        address_Imagen_7 <= std_logic_vector(to_unsigned(i+56+ j*28,10));
        address_Imagen_8 <= std_logic_vector(to_unsigned(i+57+ j*28,10));
        address_Imagen_9 <= std_logic_vector(to_unsigned(i+58 + j*28,10));
        State <= ESTADO_2;
    end if;
    
```

Figura 6. Estado 1 del módulo de convolución 1  
 Fuente: Elaboración propia

En el estado 2 se espera que el módulo filtro 3x3 nos entregue el resultado. El tiempo que se permanece en este estado depende de los datos de la imagen. Como se trabaja con imágenes a escala de grises, mucho de los datos de la imagen van a ser 0. El tiempo que demore el módulo filtro 3x3 puede ser 7, 21 o 42 ciclos de reloj, como se muestra en la figura 5.

En el estado 3 se realizan 2 sentencias “IF”, como se muestra en la figura 7. La primera sentencia es para verificar las variables que realizan el desplazamiento, en este caso la variable “i” representa el desplazamiento horizontal y “j” el desplazamiento vertical. La segunda sentencia es para realizar la función de activación ReLU, la cual se implementó con una función IF evaluando el bit 32 del resultado del filtro 3x3. Este bit representa el signo del resultado. Si el resultado es negativo la salida de la convolución es 0 pero si es positiva, la salida de la convolución es el resultado obtenido por el módulo filtro 3x3.

```
when ESTADO_3 =>
    if (i = 26) then
        i <= 0;
        j <= j+1;
    end if;

    if result_sig(31) = '0' then
        relu <= result_sig;
    else
        relu <= "00000000000000000000000000000000";
    end if;

    control_out <= '1';
    enable <= '0';
    reinicio <= '1';
    State <= ESTADO_4;
```

Figura 7. Estado 3 del módulo de convolución 1  
Fuente: Elaboración propia

Las primeras CNN fueron entrenados con funciones TanH o Sigmoides, pero los modelos recientes emplean la función de Unidad Lineal Rectificada (ReLU) que otorga tiempos de entrenamiento más rápidos y menos complejidad computacional, como se destaca en (Krizhevsky et al. 2012). Para implementar la función de activación ReLU, se comparó el bit más significativo del resultado. Si es '0', se envía el resultado, si no se envía un 0 en su lugar. Cuando el bloque de convolución 1 tiene una respuesta, esta se guarda en un bloque intermedio antes de ser procesado por el bloque de Maxpooling 1. En el último estado evaluamos a la variable "j". Si la variable j es igual a 26, significa que el filtro ya se desplazó por toda la imagen. Si esto se cumple, a la variable "k" se le aumenta en 1.

### 2.2.2. Etapa intermedia entre la convolución 1 y maxpooling 1.

Para guardar los datos de la convolución, una opción es ir guardándola en una memoria y luego realizar la operación de Maxpooling. Si se realiza esta opción, el módulo del Maxpooling tendría que esperar hasta que termine la convolución, cuando para implementar la operación de Maxpooling no se necesita tener todos los resultados de la convolución, sino una parte de ellos. Como el Maxpooling es de 2x2, solo necesita las dos primeras filas de la nueva imagen que se genera a partir de aplicar una convolución. Como los resultados de la convolución van generando

fila por fila de la nueva imagen, se decidió usar un FIFO ya que funciona como una cadena de datos donde el primer dato en entrar, es el primero en salir y no necesita una dirección para acceder a los datos.

### 2.2.3. Maxpooling 1

El bloque de Maxpooling 1 se diseñó para que espere una señal del bloque anterior antes de iniciar su operación. En este bloque se reciben 4 datos, los cuales se comparan hasta encontrar el mayor. Este bloque realiza sus operaciones al mismo tiempo que el bloque de convolución 1 trabajando. Cuando los FIFOs del bloque anterior se quedan sin datos, envían una señal para que las operaciones de Maxpooling se detengan, hasta que se tenga los siguientes datos que se van a procesar.

Los resultados de la convolución 1 y el maxpooling 1 se guardan en una memoria. Se decidió guardar en una memoria en lugar de un FIFO porque este resultado se convertirá en la entrada de la segunda convolución y en la memoria podemos acceder a sus datos muchas veces, a diferencia de un FIFO, que solo se puede acceder una sola vez a sus datos.

### 2.2.4. Convolución y Maxpooling 2

El bloque de convolución 2 utiliza un módulo más que la convolución 1. Esto se debe a que la entrada para la convolución 2, ya no es de una profundidad de 1, si no que ahora es de 5. En el módulo de filtrado, se retira la suma del bias y el módulo de inicializaron de los parámetros se retira la inicialización de los valores del bias. En estos 2 módulos solo esta modificación se realizó, manteniendo el mismo funcionamiento que en los módulos anteriores. El módulo que se agrega en este bloque se encarga de sumar los 5 resultados de aplicar un filtro de dimensión 3x3x5. En este módulo se inicializa los valores del bias y se le suma el valor correspondiente al resultado, para luego aplicar la función de activación Relu.

También se utilizó un bloque intermedio para guardar los resultados de la Convolución 2. Este bloque mantiene la lógica del bloque intermedio anterior. Solo se modificó la dimensión del FIFO. El bloque de Maxpooling 2, se mantiene igual en configuración y en lógica que el

bloque de Maxpooling 1. Al igual que cuando se obtuvieron los resultados de convolución y Maxpooling 1, los resultados de la convolución y maxpooling 2, se almacenan en una memoria.

### 2.2.5. Fully Connected

Las redes neuronales son la tecnología de inteligencia artificial más efectiva y apropiada para el reconocimiento de patrones como menciona (Panchal et al. 2011). A diferencia de los bloques de convolución que necesitan los 9 datos al mismo tiempo, el bloque de Fully Connected se diseñó para que procese los datos de 4 en 4. Este bloque se divide en 3 módulos: Red neuronal 1, Red neuronal 2 y Red neuronal 3.

- Red Neuronal 1

Este módulo de Red neuronal 1 se subdivide en 3, como se muestra en la figura 8. Estos módulos se encargan de multiplicar la entrada por los Pesos, sumar el Bias y usar la función de activación Relu. En el primer módulo es el encargado de la multiplicación entre la entrada y sus pesos. En el segundo módulo se suma los datos obtenidos de las multiplicaciones y se realiza en 2 etapas, donde se suman 4 datos en paralelo como se muestra en la figura 9. En el tercer módulo, al dato que entra se le sumo el valor del Bias y se usó una función de activación Relu. Los resultados de las 120 neuronas se guardan en una memoria para la siguiente capa.

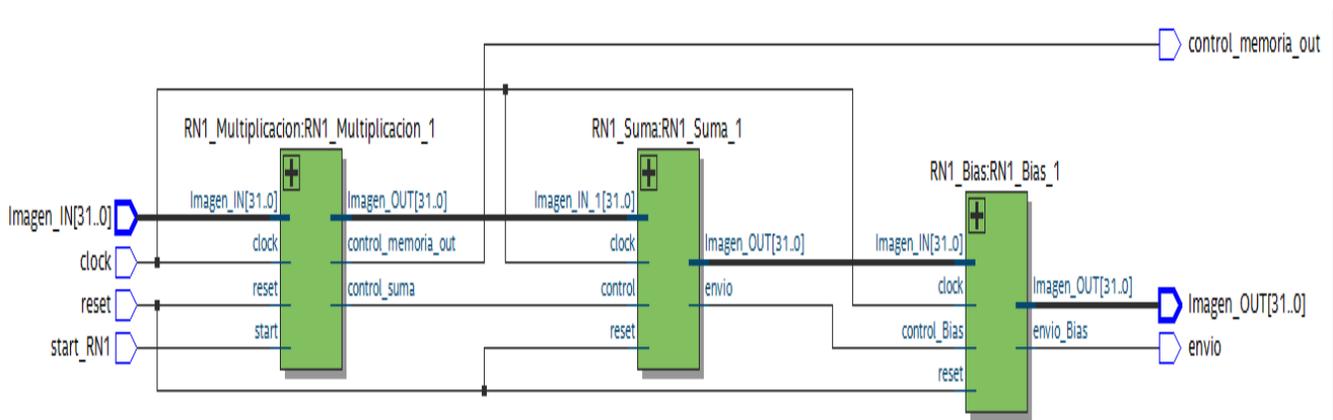


Figura 8. Red Neuronal en Hardware.  
Fuente: Elaboración propia.

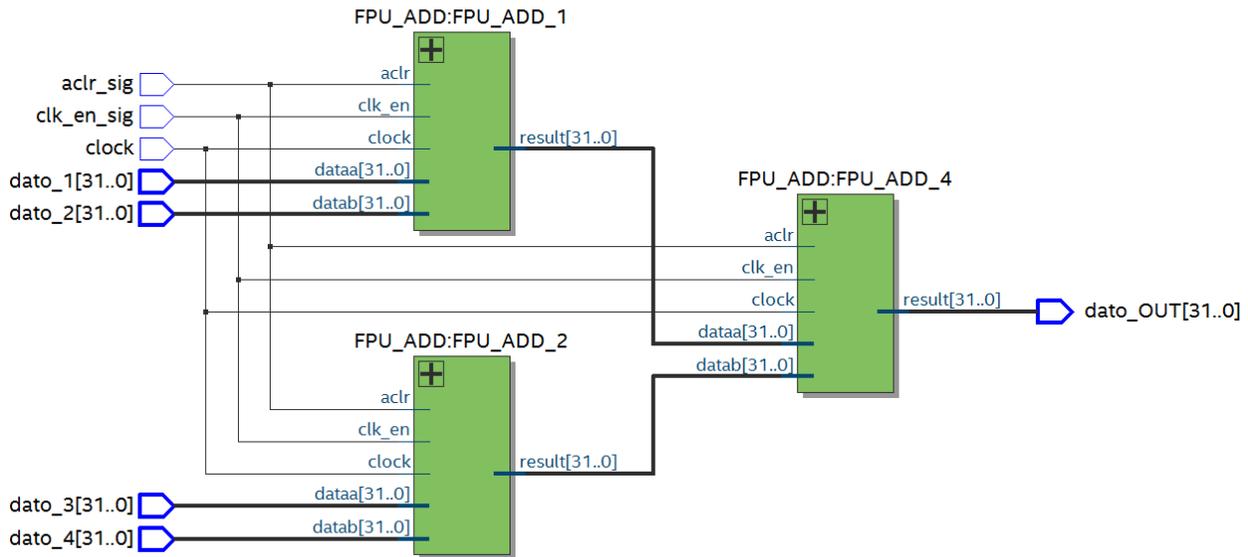


Figura 9. Módulo sumador de 4 datos  
Fuente: Elaboración propia.

- Red Neuronal 2 y 3

La red neuronal 2 y 3 tienen la misma lógica que la red neuronal 1. La red neuronal 2 se compone por 84 neuronas y la red neuronal 3 por 10 neuronas. La modificación que se realizó para llevar a cabo estas 2 capas fue en el segundo módulo, ya que en la red neuronal 2 la capa de entrada tiene 120 datos, entonces la suma de todos estos datos se realizó en 29 sumas. Para la red neuronal 3, se realizan 20 sumas porque su entrada son 84 datos.

A diferencia de la Red neuronal 1 y 2, en la red neuronal 3 no se implementa la función de activación Relu. En su lugar se implementa la función Softmax, la cual nos indica a que clase pertenece la entrada, dependiendo de la neurona que tenga el valor más alto. Debido a que es un método clasificador, la función de activación Softmax obliga a la salida de la red neuronal a representar la probabilidad de que la entrada caiga en cada una de las clases. Sin el Softmax, los resultados de la neurona son simplemente valores numéricos (Heaton, 2015). Para implementar la operación de  $e^x$ , se utilizó el IP Core ALTFP\_EXP. Es IP Core tiene como entrada el clock y el exponente. Adicionalmente se le agregaron 2 entradas más para tener un mayor control del IP Core. La respuesta se obtiene después de 17 ciclos de reloj, como se indica en (Altera

Corporation. 2018). Para la operación de división de punto flotante, se utilizó el IP Core ALTFP\_DIV. A este IP Core también se le agrego 2 entradas para un mayor control. Se seleccionó una salida con una latencia de 6.

### 2.2.6. Diseño de la comunicación entre el HPS y la FPGA

Intel proporciona algunas herramientas para que el diseño de hardware. Entre estas herramientas se tienen algunos proyectos que sirven como ejemplos. Uno de estos proyectos es “Control panel”. En este proyecto que se encuentra disponible en De10-Nano CD-ROM, ya se estable una comunicación entre el HPS y la FPGA. A este proyecto se le hicieron algunas modificaciones para que se pueda interactuar entre la CNN implementada en la FPGA con el HPS.

La CNN implementada en la FPGA, tiene 1 entrada y 2 salidas. La entrada cumple la función de activar el sistema para que inicie sus operaciones. La entrada tiene una dimensión de 1 bit ya que solo se requiere que sea “1” ó “0”. Las salidas son la etiqueta que nos indica a que clase pertenece la imagen evaluada y el contador que nos indica la cantidad de ciclos por reloj que demora el sistema en darnos la respuesta.

## 3. Discusión

Usando hardware reconfigurable como las FPGA se resuelve el problema el desequilibrio entre la eficiencia energética y el rendimiento, que se presentan al usar otras arquitecturas de Hardware como menciona (Tu et al. 2017). Según (Cong, Xiao, 2014) el rendimiento en la CPU no puede cumplir los requisitos de procesamiento en tiempo real en los dispositivos integrados. El consumo de energía de la GPU es demasiado alto para la informática integrada (235 W para la GPU NVIDIA Tesla K40) como menciona (NVIDIA, 2013).

Para comparar si la CNN implementada en una plataforma SoC basada en FPGA nos da una respuesta cercana o igual al Software y si esta respuesta es más rápida, se evaluaron imágenes de cada clase y se compararon.

```
f1 = activation_model.predict(training_images[1].reshape(1, 28, 28, 1))[7]  
print(f1)
```

```
[[9.96830523e-01 2.12138973e-10 2.54809549e-07 7.54501457e-07  
2.05184825e-09 8.44953827e-13 3.16854287e-03 1.21883252e-17  
2.35816297e-11 1.08030785e-13]]
```

Figura 10. Resultados de evaluar la Imagen de la clase 1 en Software  
Fuente: Elaboración propia

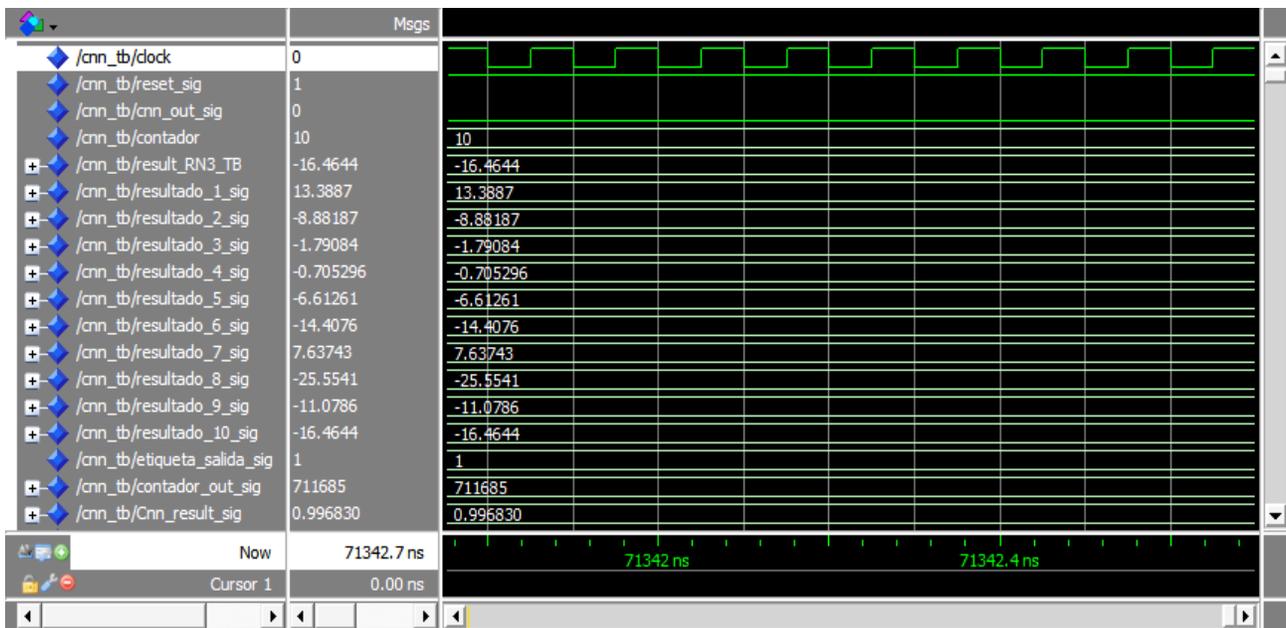


Figura 11. Resultados de evaluar la Imagen de la clase 1 en Hardware  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, se muestra los resultados de la red neuronal 3 implementada en Software, luego de aplicar la función de activación Softmax a cada una de las neuronas. Como se observa en la figura, el primer valor es el mayor entre los 10 valores obtenidos. Este valor es de 0.996830. Esto hace referencia a que la imagen evaluada pertenece a la clase 1.

En la figura 11, se muestra los resultados obtenidos de evaluar la Imagen 1 en Hardware. Las señales que se presentan en la figura 11 corresponden a los resultados obtenidos en la última capa de la CNN (Red Neuronal 3) previamente a ser ingresados por una función de activación. Como se describió en el módulo de Softmax, el sistema en hardware solo nos da el dato de la

neurona con el valor mayor. La variable `Cnn_result_sig` nos muestra el resultado obtenido, el cual es 0.996830 igual al resultado obtenido en Software. La variable `etiqueta_salida_sig` nos indica que el resultado que se obtuvo en hardware corresponde la imagen de la clase 1. El hardware también nos da 10 resulta más, los cuales corresponde a cada neurona de la red neuronal 3, antes de implementarles la función de activación Softmax. Estos valores se muestran con motivos de verificación del sistema. La variable `contador_out_sig` nos da como respuesta 711685 los cuales representan los ciclos de reloj que le toma al sistema evaluar la imagen.

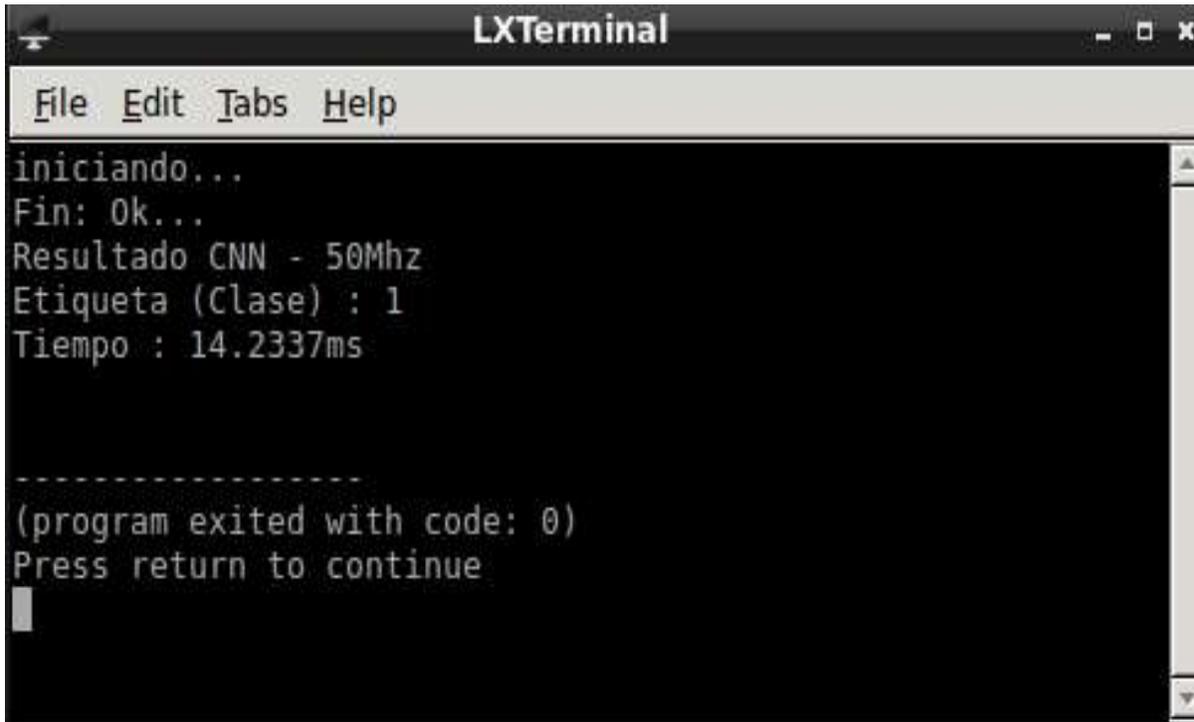
Como los resultados obtenidos en Software y Hardware son los mismos, se procedió a verificar los tiempos que le toman a cada uno darnos la respuesta. En Python las clases están en numeradas de 0 a 9 y en Hardware se consideraron de 1 a 10, siendo 0 en Python equivalente a 1 en Hardware y así sucesivamente hasta 9 equivalente a 10. En la figura 3 muestra la evaluación de la imagen perteneciente a la clase 1. En este código fue ejecutado en Python y nos muestra que para evaluar la imagen de la clase 1, le tomó 32.5534 ms.

En cambio, en la figura 12 se muestra la evaluación en hardware, 14.2337 ms, el tiempo que le toma a la FPGA evaluar la imagen. En este tiempo no se tomó en cuenta la demora en la comunicación entre la FPGA y el HPS. El sistema implementado en Hardware trabaja a una frecuencia de 50MHZ, la cual puede ser aumentada, pero para estas evaluaciones se usó la de 50MHZ que es la frecuencia regularmente utilizada en implementaciones con FPGA.

```
▶ import time
  inicio_de_tiempo = time.time()
  classifications = model.predict(training_images[1:2])
  tiempo_final = time.time()
  tiempo_transcurrido = tiempo_final - inicio_de_tiempo
  print ("Tomo milisegundos : " + str(tiempo_transcurrido*1000))
  print("Categoria de la imagen evaluada : " + str(np.argmax(classifications[0])))
```

```
↳ Tomo milisegundos : 32.55343437194824
  Categoria de la imagen evaluada : 0
```

Figura 12. Evaluación del tiempo para dar una respuesta en Software.  
Fuente: Elaboración propia



```
iniciando...
Fin: Ok...
Resultado CNN - 50Mhz
Etiqueta (Clase) : 1
Tiempo : 14.2337ms

-----
(program exited with code: 0)
Press return to continue
```

Figura 13. Evaluación del tiempo para dar una respuesta en Hardware.  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1, se muestra una comparación para analizar el porcentaje de acierto en la implementación de la red neuronal convolucional en Software y Hardware. Además, se indica el análisis de las imágenes que pertenecen a cada clase de la base de datos MNIST. Asimismo, también se ofrece la comparación para analizar el tiempo de respuesta de la implementación de la red neuronal convolucional en Software y Hardware. Como se observa en la tabla, al evaluar una imagen de cada clase, la respuesta que se obtiene usando un hardware reconfigurable como la FPGA es mucho menor que la respuesta obtenida en software. El tiempo en la FPGA está condicionado por la frecuencia de reloj y si esta frecuencia se aumenta, la respuesta podría ser tener tiempo menor al que se obtuvo usando la frecuencia de 50Mhz.

En esta tabla se evidencia que la implementación en Hardware nos puede dar un resultado igual al implementado en Software, pero en un menor tiempo.

Tabla 1. Comparación para analizar el porcentaje de acierto y el tiempo de respuesta en la implementación de la red neuronal convolucional en Software y Hardware.

N°	Categoría de la imagen	Posición de la imagen evaluada en el dataset	Porcentaje de acierto por Software (%)	Porcentaje de acierto por Hardware (%)	Tiempo de respuesta por Software(ms)	Tiempo de respuesta por Hardware a 50MHZ (ms)
1	Camiseta	Training_Imagen[1]	99.68304	99.6830	32.5534	14.2337
2	Pantalón	Training_Imagen[16]	99.99855	99.9986	32.4750	13.5308
3	Chompa	Training_Imagen[5]	99.62780	99.6278	33.6964	14.5511
4	Vestido	Training_Imagen[3]	85.52240	85.5224	32.7420	14.08348
5	Abrigo	Training_Imagen[19]	76.37630	76.3763	33.5312	14.45896
6	Sandalia	Training_Imagen[8]	99.99999	1.0000	32.0008	13.4847
7	Camisa	Training_Imagen[18]	86.86295	86.8630	33.1018	14.0915
8	Zapatilla de deporte	Training_Imagen[6]	99.88767	99.8877	31.3692	12.9391
9	Cartera	Training_Imagen[23]	99.10351	99.1035	33.7610	14.6761
10	Bota	Training_Imagen[0]	99.44180	99.4418	32.8994	13.8432

## Conclusiones

- El diseño de la red neuronal convolucional en Python, hizo posible entrenar un clasificador de objetos en una imagen. Este diseño en software nos permitió comprobar la respuesta de la estructura antes de ser implementada en hardware, siendo en gran parte del diseño en la FPGA, un comparador de resultado de cada módulo implementado.
- En esta investigación se demuestra que, si se desea implementar estos algoritmos y obtener una respuesta rápida, las FPGAs son ideales para estas tareas, ya que no solo nos dan

una respuesta rápida, sino que también nos da respuesta con una gran exactitud, siendo similar en Software como en Hardware.

- Con el diseño del hardware de la plataforma SoC para comunicar la FPGA con el HPS, se obtuvieron los resultados de la red neuronal convolucional implementada en la FPGA, en un sistema operativo que se ejecuta en el HPS. Estos datos fueron expuestos en un terminal para comprobar que la comunicación es correcta. Los resultados de esta comunicación fueron satisfactorios, mostrando la etiqueta de manera correcta, correspondiente a la imagen de entrada.

## Referencias

- ALTERA CORPORATION. (2018). Floating Point Exponent (ALTFP\_EXP) - Megafunction User Guide. 1st ed. Altera corporation.
- Belean, B. (2018). Application-Specific Hardware Architecture Design with VHDL. 1st ed. Cham: Springer.
- Cong, J., Xiao, B. (2014). Minimizing computation in convolutional neural networks, in International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN). Springer, pp. 281–290.
- Cross, N. (2001). Métodos de diseño: estrategias para el diseño de productos. México, D.F.: Limusa.
- Géron, A. (2019). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems (2.a ed.). California, United State: O'Reilly Media.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. (2016). Deep Learning (1.a ed.). Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos: MIT Press.
- Heaton, J. (2015). Artificial Intelligence for Humans, Volume 3: Deep Learning and neural network (1.a ed., Vol. 3). Scotts Valley, California, Estados Unidos: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación (6ta ed.). México: McGraw-Hill/interamericana.

Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton Geoffrey E., Geoffrey E Hinton. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. In Advances in Neural Information Processing Systems - NIPS'12, pp. 1-9.

Lecun, Y., Bottou, I., Bengio, Y., Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition". Proceedings of the IEEE, 86(11). 2278-2324.

Mittal, S. (2018). A Survey of FPGA-based Accelerators for Convolutional Neural Networks. Neural Computing and Applications. 10.1007/s00521-018-3761-1.

Mittal, S. y Vetter, J. (2015). A Survey of Methods for Analyzing and Improving GPU Energy Efficiency, ACM Computing Surveys.

NVIDIA. 2013. Tesla k40 GPU active accelerator. Report, 2013.

Ovtcharov, K., Ruwase, O., Kim, J.-Y., Fowers, J., Strauss, K., Chung, E. S. (2015). Accelerating deep convolutional neural networks usingspecialized hardware, Microsoft Research Whitepaper, 2 (11).

Panchal, G., Ganatra, A., Kosta, Y., Panchal, D. (2011). Behaviour analysis of multilayer perceptrons with multiple hidden neuronsand hidden layers. International Journal of Computer Theory and Engineering. 3 (2), 332-337.

Tu, F., Yin, S., Ouyang, P., Tang, S., Liu, L., Wei, S. (2017). Deep convolutional neural network architecture with reconfigurable computation patterns, IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI)Systems.

## Evaluación de la estabilidad de taludes en presas de tierra empleando Redes Neuronales Artificiales

Isaida Flores Berenguer \*

Jenny García Tristán \*\*

Yoermes Glez Haramboure \*\*\*

### RESUMEN

Se propone el análisis de la estabilidad de taludes en presas de tierra en Cuba, empleando Redes Neuronales Artificiales. Actualmente, no hay precedentes en el país de este tipo de estudios. Por tanto, se evalúan los modelos de la caja de herramientas de redes neuronales de MATLAB® fijando como punto de partida una red perceptrón multicapa con algoritmo de retropropagación, con dos capas ocultas, combinando las funciones de entrenamiento y de activación disponibles. Se analiza una presa de tierra conformada por cuatro suelos parcialmente saturados en la cortina, en estado de operación y final de la construcción. Se obtuvo un coeficiente  $R^2$  de 0,99998 para la función de Regularización Bayesiana considerando la función tangente hiperbólica en la primera capa y lineal pura en la segunda capa. Se propone a futuro ampliar el uso del método evaluando diversas variables que afectan la estabilidad de taludes en presas bajo múltiples condiciones de carga.

**PALABRAS CLAVE:** estabilidad de taludes, funciones de activación, funciones de entrenamiento, inteligencia artificial, Redes Neuronales Artificiales.

\*Ingeniera Civil. Máster en Ingeniería Civil. Centro de Estudio de Construcciones y Arquitectura Tropical (CECAT), Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE). E-mail: [isaidafb@civil.cujae.edu.cu](mailto:isaidafb@civil.cujae.edu.cu)

\*\*Ingeniera Civil. Doctora en Ciencias Técnicas. Centro de Estudio de Construcciones y Arquitectura Tropical (CECAT), Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE). E-mail: [jenny@civil.cujae.edu.cu](mailto:jenny@civil.cujae.edu.cu)

\*\*\* Ingeniero Hidráulico. Doctor en Ciencias Técnicas. Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH), Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE). E-mail: [yoermes@civil.cujae.edu.cu](mailto:yoermes@civil.cujae.edu.cu)

Recibido: 14/10/2020

Aceptado: 09/12/2020

# Evaluation of slope stability in earth dams using Artificial Neural Networks

## ABSTRACT

Analysis of slope stability in earth dams in Cuba is proposed, using Artificial Neural Networks. Currently, there are no precedents in the country for this type of study. Therefore, neural networks toolbox of MATLAB® models are evaluated, setting as a starting point a multilayer perceptron network with backpropagation algorithm, with two hidden layers, combining the available training and activation functions. Earth dam with four partially saturated soils in the embankment is analyzed, in states of operation and at the end of construction. A coefficient R2 of 0.99998 was obtained for the Bayesian Regularization function, considering the hyperbolic tangent function in the first layer and pure linear in the second layer. In the future, it is proposed to expand the use of the method by evaluating variables that affect slope stability in dams under multiple loading conditions.

KEYWORDS: activation functions, artificial intelligence, Artificial Neural Networks, slope stability, training functions.

## Introducción

En los últimos años, con el desarrollo de las tecnologías de cómputo, las Redes Neuronales Artificiales (RNA) han sido ampliamente utilizadas debido a sus buenos resultados, su capacidad de generalización y la posibilidad de analizar gran cantidad de datos (Chafra, 2019; Montoya, 2018; Pano, 2015). Una RNA está conformada por un conjunto de unidades elementales de procesamiento llamadas neuronas, elemento procesador a partir del cual un vector de entrada procedente del exterior o de otras neuronas proporciona una única respuesta o salida. Las neuronas se agrupan en capas, de manera que una red neuronal está compuesta por varias capas de neuronas, las cuales suelen ser del mismo tipo. Estas neuronas almacenan la información a partir de los pesos sinápticos, resultando así, un proceso iterativo de adaptación que dependerá del proceso de aprendizaje (Chafra, 2019; Montoya, 2013, 2018).

El proceso de aprendizaje consiste en el ajuste de los parámetros libres de la RNA, a partir de la estimulación del entorno que la rodea, y es conocido también como entrenamiento. Llegados a este punto es importante verificar los errores que comete la red ante patrones no utilizados en el aprendizaje, para medir su capacidad de generalización. El desempeño del

entrenamiento de una red neuronal depende del algoritmo de aprendizaje utilizado, del número de capas ocultas, del número de neuronas en cada capa oculta, de la conectividad o arquitectura de la red y también del tipo de función de activación que se elija para cada neurona (Llano et al., 2007).

En el análisis de la estabilidad de taludes intervienen diversidad de variables, y la relación entre ellas puede tornarse compleja. La implementación de la Mecánica de Suelos Parcialmente Saturados, adiciona nuevos parámetros que modifican y dificultan en cálculo (Flores et al., 2019; Flores et al., 2020). Por ello, esta investigación propone un primer acercamiento al análisis de la estabilidad de taludes usando RNA, para proyectos ubicados en la República de Cuba.

Se evalúan los resultados obtenidos mediante el software GeoStudio (2012) empleando el Método de Elementos Finitos (MEF) en una presa de tierra homogénea, definiendo como variables de entrada: la altura de la cortina, el ángulo de inclinación del talud aguas abajo, la cohesión, el ángulo de fricción interna, el peso específico, el ángulo de succión del suelo parcialmente saturado de la cortina, el nivel del agua en la presa, el suelo en la base, la cohesión, el ángulo de fricción interna y el peso específico de la cimentación. Siendo el factor de seguridad la variable dependiente o de salida. La modelación empleando el GeoStudio se dificulta debido a la disponibilidad del software y a que es necesario establecer correctamente la geometría de la presa, los materiales que la conforman, generarlos en el modelo y fijar condiciones de borde, todo ello unido al tiempo de corrida para generar un resultado en cada caso. Las facilidades que ofrecen las RNA es diversa, pues una vez que la red esté adecuadamente entrenada continúa aprendiendo y puede facilitar un buen resultado para combinaciones de entrada que no recibió durante el entrenamiento. La aproximación consistió en usar las mismas variables para entrenar una red neuronal artificial, que eliminaría la necesidad de emplear diversos modelos numéricos empleando el GeoStudio (2012).

Diversos autores han utilizado las RNA en los últimos años para el análisis de la estabilidad de taludes y otros fenómenos geotécnicos. (Costa, 2016) plantea que no existe ningún método que determine la arquitectura adecuada al resolver un problema específico por lo que esta tarea se basa en la experiencia del analista que diseñe la red; en su investigación utiliza la función de Regularización Bayesiana obteniendo un coeficiente de correlación  $R^2$  igual a 95,5%

mediante la función tangente hiperbólica con 10 neuronas en la primera capa oculta y evalúa además sólo la función sigmoidea. Por otro lado, (Montoya, 2018) emplea la función de Levenberg-Marquardt obteniendo para suelos arcillosos un coeficiente de correlación  $R^2$  de 83,2%. (Beiranvand, Mohammadzadeh, & Komasi, 2019) emplean la función de Regularización Bayesiana obteniendo un coeficiente de correlación  $R^2$  de 99%, sin embargo, utilizan 25 neuronas en la primera capa oculta. (Gomes, 2016) utiliza seis modelos de redes neuronales con 20 y 25 neuronas en la primera capa oculta en todos los casos, obteniendo coeficientes de correlación  $R^2$  entre 83% y 90%. En ninguno de estos casos se plantea la evaluación de la diversidad de combinaciones disponibles para obtener la óptima respecto a las catorce funciones de entrenamiento y las tres funciones de activación implementadas en MATLAB®, con un número reducido de neuronas en la primera capa oculta.

A partir de lo anterior, se define un modelo con once variables de entrada, dos capas ocultas y una capa de salida. En la primera capa oculta se fijan cinco neuronas, y en la segunda una neurona. Se mantienen constantes la función de aprendizaje adaptativo de tipo gradiente descendente con momento y la función de rendimiento siendo la de error cuadrático medio. Con todo ello se evaluarán las combinaciones entre las funciones de entrenamiento y de activación disponibles en MATLAB®, a partir del coeficiente de correlación  $R^2$  y del error obtenido en cada caso para definir el modelo más adecuado para evaluar la estabilidad en presas homogéneas con suelos parcialmente saturados en la cortina.

## 1. Bases teóricas

Las RNA son un conjunto de unidades elementales, basadas en modelar la forma de procesamiento de la información en sistemas nerviosos biológicos, fundamentalmente, a partir del funcionamiento del cerebro humano, el cual, corresponde a un sistema altamente complejo, no-lineal y paralelo; lo que significa que es capaz de realizar simultáneas actividades al mismo tiempo. Para establecer una similitud entre la actividad sináptica y la analogía con las RNA, se considera que las señales que llegan a la sinapsis son las entradas a la neurona las cuales son atenuadas o simplificadas a través de un parámetro denominado peso, el cual está asociado a la sinapsis correspondiente. Las variables de entrada y salida del sistema pueden ser binarias,

también llamadas digitales o analógicas, dependiendo del modelo de activación del sistema. En la Figura 1 se muestra el modelo de una neurona artificial.

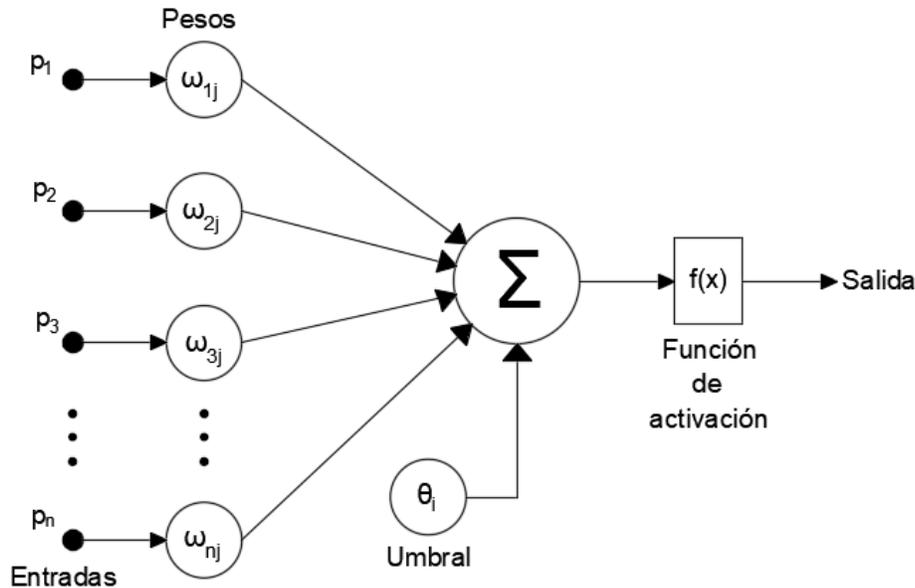
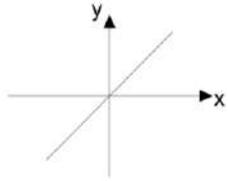
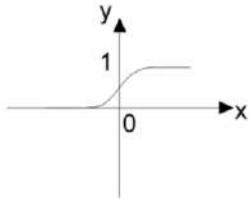
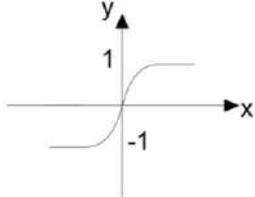


Figura 1. Modelo de una neurona artificial. (Montoya, 2018)

En el modelo de una neurona artificial las variables de entrada ( $p_i$ ) generan los valores de los pesos sinápticos de las dendritas ( $w_{ij}$ ) a partir de una regla de propagación, asociada a la sumatoria de todas las entradas correspondientes a los pesos sinápticos generados ( $\Sigma$ ). Debe considerarse la variable que representa el umbral ( $\theta_i$ ) que debe sobrepasar la señal para ser enviada hacia la neurona post-sináptica. En este punto se requiere una función de activación ( $f(x)$ ) que definirá la salida de la neurona.

Teóricamente, cualquier función derivable se puede utilizar como una función de activación. Sin embargo, una función de activación que tiene un carácter no lineal es muy importante para que sea capaz de discriminar las complejas relaciones que existen en el conjunto de características. El software MATLAB® tiene implementado en la caja de herramientas para redes neuronales, neural network tool box, tres funciones de activación que se muestran en la Tabla 1, aunque el código de entrenamiento de una red neuronal permite manipular y colocar otras funciones de activación.

Tabla 1. Funciones de activación incorporadas en MATLAB®.

Función de activación	Ecuación matemática	Representación gráfica
Lineal pura (PURELIN)	$y = x$	
Sigmoidea o logística (LOGSIG)	$y = \frac{1}{1 + e^{-x}}$	
Tangente hiperbólica (TANSIG)	$y = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^x}$	

La función lineal pura, permite que el resultado obtenido pueda tomar cualquier valor. La función sigmoidea o logística produce la señal de salida en el rango cerrado de 0 a 1 cuyos valores se obtienen únicamente para valores infinitos negativo y positivo, respectivamente. La función tangente hiperbólica es una variante bipolar de la función sigmoidea, la cual produce una salida dentro del rango cerrado de -1 a +1, que se obtienen en el menos y más infinito, respectivamente.

(Montoya, 2018) plantea que no existe un criterio uniforme para definir el número de capas intermedias ni el número de neuronas por capa que compondrá la RNA. Por lo que este proceso depende del investigador y del tipo de aplicación que se le dará a la red. Sin embargo, (González Salcedo, Gotay Sardiñas, Roodschild, Will, & Rodríguez, 2017) plantean que para definir el número de neuronas ocultas la metodología que usa el algoritmo de poda es una herramienta útil para los usuarios sin experiencia en el uso de redes neuronales artificiales.

En el caso de las redes tipo perceptrón multicapa, se realiza un entrenamiento supervisado, con retropropagación hacia adelante. En la pasada hacia adelante, se aplica en la capa de entrada un patrón o vector de entrada, este propaga su efecto a través de las diferentes capas y como consecuencia produce un vector de salida. Durante este proceso, los pesos

sinápticos de la red son fijos y no se modifican. Durante la pasada hacia atrás en cambio, los pesos si se modifican de acuerdo con la regla de corrección del error. La señal de salida real se compara con la señal deseada y como resultado se obtiene una señal de error, que se propaga en dirección contraria a través de la red modificando los pesos, de forma que, al volver a pasar el vector de entrada hacia adelante, la respuesta obtenida se asemeje más a la salida deseada (Aldabas, 2002).

La topología de red neuronal artificial retropropagación hacia adelante multicapa es la más popular, debido a la flexibilidad en los buenos resultados que entrega y a su robustez ante la presencia de ruido. En esta red hay disponibilidad de muchos algoritmos de entrenamiento y son aproximadores universales; más aún, son capaces de proporcionar buenas respuestas en presencia de datos complejos y ruidosos (González Salcedo et al., 2017).

Las funciones de entrenamiento implementadas en MATLAB® son ejecutadas mediante el algoritmo multicapa de retropropagación hacia adelante, aunque cada una lo implementa de una manera diferente. A continuación, se muestra un breve resumen de estas funciones con el código identificativo de MATLAB®:

-Función de Broyden-Fletcher-Goldfarb-Sanno Quasi-Newton (*trainbfg*):

Permite obtener el mínimo de una función a partir de la propia función y su gradiente, buscando en cada iteración la inversa de la matriz Hessiana, aplicando técnicas de optimización de escalada para encontrar el punto estacionario de la función, aunque no se garantiza la convergencia a menos que exista una expresión cuadrática de Taylor cerca de un valor óptimo. Puede tener un rendimiento aceptable para instancias de optimización no uniformes.

-Función de Regularización Bayesiana (*trainbr*):

Se basa en la optimización de la función de densidad de probabilidad, expresada en la varianza del error entre la salida esperada y la salida estimada de la red neuronal, a partir de una aproximación gaussiana del mismo. Se minimiza la función del error por medio de un proceso de optimización no lineal.

-Función de Gradiente Conjugado con reinicio de Powell/Beale (*traincgb*):

Se basa en el método del gradiente conjugado, incluyendo un procedimiento especial que interrumpe la generación normal de direcciones de búsqueda, evitando así la generación de una

dirección dependiente. Reduce el esfuerzo computacional total para las funciones que requieren muchas reinicializaciones.

*-Función de Gradiente Conjugado de Fletcher-Powell (**traíncgf**):*

Se basa en el método del gradiente conjugado, requiriendo solamente las derivadas de primer orden de la función. Se asume que la dirección inicial de búsqueda es la dirección de descenso empinado en el punto inicial.

*-Función de Gradiente Conjugado de Polak-Ribière (**traíncgp**):*

Se basa en el método del gradiente conjugado, demandando búsquedas lineales exactas, pero asumiendo un modelo general de la función objetivo, por lo que converge más rápido. Presenta una tasa lineal de convergencia si no se emplea la reinicialización.

*-Función de Gradiente Descendente (**traíngd**):*

Permite estimar cada nuevo parámetro a partir del anterior, teniendo en cuenta la derivada de la función de coste, definida como el error cuadrático entre los datos conocidos y los encontrados con el modelo. Se parte en algún punto de la función de error definida sobre los pesos y se mueve el mínimo global de dicha función realizando cualquier paso en una dirección descendente.

*-Función de Gradiente Descendente con Momento (**traíngdm**):*

Variante del método del gradiente descendente donde se incorpora un factor de suavidad llamado momento. Este suaviza los cambios en los pesos filtrando las variaciones de alta frecuencia y amplifica la tasa de aprendizaje efectivo lo que conduce a una convergencia más rápida. El momento permite al sistema evitar mínimos locales, proporcionándole al estado del vector la inercia suficiente en la superficie del error.

*-Función de Gradiente Descendente con Velocidad de Aprendizaje Adaptativa (**traíngda**):*

Variante del método del gradiente descendente, donde se intenta mantener el tamaño del paso de aprendizaje lo más grande posible, mientras se mantiene el aprendizaje estable. La tasa del mismo responde a la complejidad de la superficie del error local.

*-Función de Gradiente Descendente con Razón de Aprendizaje Adaptativa (**traíngdx**):*

Variante del método del gradiente descendente, en el cual la tasa de aprendizaje se calcula en línea, para hacer un mejor ajuste y disminuir las oscilaciones.

-*Función de Lavenberg-Marquardt (trainlm)*:

Técnica estándar para problemas de mínimos cuadrados no lineales. Cuando la solución se encuentra lejos del mínimo local, se comporta lento, pero garantizando convergencia. Por el contrario, cuando la solución es cercana al mínimo local, presenta una rápida convergencia. Elimina el cálculo de la matriz Hessiana.

-*Función Secante de Un Paso (trainoss)*:

Método para encontrar los ceros de una función de forma iterativa, utilizando una serie de raíces de las líneas secantes para aproximar la raíz de la función. Puede considerarse una aproximación en diferencias finitas del método de Newton-Raphson.

-*Función de Entrenamiento Incremental de Orden Aleatorio con Función de Aprendizaje (trainr)*:

Con este método se entrena a la red con reglas de aprendizaje con actualizaciones incrementales después de la presentación de cada entrada, lo cual se realiza en orden aleatorio.

-*Función de Retropropagación Elástica (trainrp)*:

Se basa en el método del gradiente descendente, donde el patrón de entrada genera la salida, luego se calcula el error, el cual se propaga hacia las neuronas anteriores, por lo que cada neurona tiene una única contribución al error total. Las funciones de transferencias deben ser continuas.

-*Función de Gradiente Conjugado Escalado (trainscg)*:

Resuelve numéricamente los sistemas de ecuaciones lineales cuyas matrices son simétricas y definidas positivas, minimizando los funcionales convexos garantizando una única solución. Es un método iterativo aplicable a sistemas dispersos que son demasiado grandes para ser tratados por métodos directos, es el único algoritmo del gradiente conjugado que no requiere buscar linealidad.

En las RNA se emplea el criterio de superficie de error, en donde cada uno de los pesos y umbrales de la red son tomados como una dimensión del espacio. Para cualquier configuración

posible de pesos, el error puede ser dibujado en una dimensión correspondiente formando una superficie de error. El objetivo del entrenamiento de la red consiste en encontrar el punto más bajo en esta superficie multidimensional.

Dentro de las tres funciones de rendimiento que tiene implementada MATLAB®, se utiliza el promedio de los errores al cuadrado (MSE). La cual es igual a la suma de los errores al cuadrado sobre el número de registros, por lo que resulta independiente del número de casos empleados para el cálculo del error, siendo una medida del error comparable para conjuntos de datos con diferente tamaño.

Igualmente, la caja de herramientas para redes neuronales, neural network tool box de MATLAB® tiene implementadas dos funciones de aprendizaje adaptativo, de las cuales se selecciona la de gradiente descendente con momento (LEARNGDM). Esta función calcula el peso de una neurona dada a partir de la entrada de dicha neurona y del error correspondiente.

Hoy en día resulta difícil concebir la gestión del agua sin la existencia de las presas, tanto en sistemas de aprovechamiento de agua como en los de control avenidas. De la variedad de presas, las de materiales sueltos son muy utilizadas por la adaptabilidad de sus proyectos a las condiciones topográficas, geológicas y a los materiales disponibles en la zona de construcción. Por esta razón, los ingenieros geotécnicos se encuentran constantemente desarrollando técnicas y modelos que permitan estimar de manera adecuada el comportamiento de las presas bajo diferentes solicitaciones (Costa, 2016).

En el análisis de estabilidad de taludes, los métodos de equilibrio límite han sido utilizados durante muchas décadas. La idea de dividir una potencial masa deslizante en dovelas verticales fue introducida en los primeros años del siglo veinte, convirtiéndose en la técnica de análisis numérico más antiguo en geotecnia. En los últimos años se han implementado modelos utilizando el Método de Elementos Finitos, obteniéndose con ello resultados relevantes.

Existen programas especializados que posibilitan la realización de los modelos correspondientes para aplicar alguno de estos métodos de análisis. En todos estos programas es necesario definir la geometría total del modelo, asignarle propiedades a cada uno de los materiales que intervienen, definir condiciones de carga y de fronteras; lo que provoca dificultades cuando es necesario considerar gran cantidad de variables o modificaciones en

algunos de los parámetros que intervienen en el problema.

A raíz de obtener respuestas específicas a problemas determinados, como es el caso de la estabilidad de taludes, donde intervienen diversas variables y no todas tienen igual importancia ni afectan de igual manera la estabilidad, se han implementado en los últimos años modelos basados en RNA (Londoño et al., 2007; Montenegro et al., 2019; Montoya, 2018; Neaupane & Piantanakulchai, 2006; Pradhan & Lee, 2009; Yesilnacar & Topal, 2005, Santillán et al., 2014)

La implementación de una RNA posibilita que, luego de entrenado y validado el sistema, puedan modificarse todos los valores de las variables de entrada y obtener una respuesta con un alto grado de confiabilidad. Esto es posible gracias a que la red es capaz de aprender durante el proceso de entrenamiento y puede generalizar la información aprendida, extendiéndola a datos que no formaban parte de las consideraciones iniciales.

## 2. Materiales y métodos

Para el entrenamiento de las redes neuronales artificiales, se conformó una base de datos construida a partir de un modelo geométrico definido en la Figura 2, lo que permitió analizar un problema típico de estabilidad de presas de tierra.

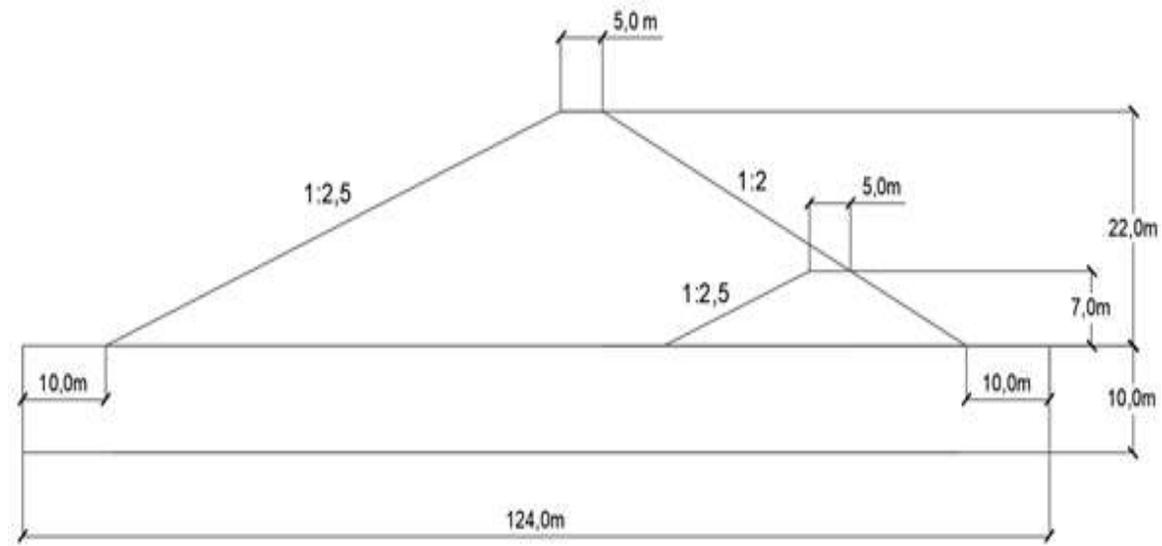


Figura 2. Modelo geométrico.

Las variables relevantes de dicho problema son las que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Variables iniciales del modelo de RNA.

Altura de cortina (m)	Inclinación del talud (°)	Cohesión de la cortina (kPa)	Ángulo de fricción de la cortina (°)	Peso específico de la cortina (kN/m <sup>3</sup> )	Nivel de agua (m)	Espesor de cemento (m)	Cohesión del cemento (kPa)	Ángulo de fricción del cemento (°)	Peso específico del cemento (kN/m <sup>3</sup> )
22	27	49,6	14,5	18,53	4,4	10	10	35	17,5
		29	22	16,67			15	37	18,5
		38,7	27,8	14,25			20	39	19,5
		3,4	33,4	17,52					

Para incorporar los suelos parcialmente saturados, se emplea el ángulo de succión para grados de saturación entre 100% y 50% del valor del ángulo de fricción interna para cada caso (Fredlund & Rahardjo, 1993). Esto agregaría una nueva variable al análisis, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Ángulo de succión para el modelo de RNA.

Ángulo de fricción de la cortina (°)	Ángulo de succión correspondiente (°)	Grado de saturación asociado (%)
14,5	14,5	100
	13,1	90
	11,7	80
	10,3	70
	8,8	60
	7,4	50
22	22	100
	19,8	90
	17,7	80
	15,6	70
	13,6	60
	11,4	50
27,8	27,8	100
	25,4	90
	22,9	80
	20,2	70
	17,5	60
	14,8	50
33,4	33,4	100
	30,7	90
	27,8	80
	24,7	70
	21,6	60
	18,2	50

El anterior análisis y definición de variables permitió hacer combinaciones de casos de estudio hipotéticos cuyo resultado consistió en el factor de seguridad del talud aguas abajo. Estas combinaciones conformaron una base de datos con 144 vectores de información, que se utilizó como conjunto de entrenamiento de las redes neuronales. Al estar el conjunto incluyendo las variables de entrada y la variable de salida, correspondieron entonces a un proceso de entrenamiento supervisado. En este proceso, el conjunto se dividió en tres subconjuntos a saber: de entrenamiento (con el 70 % de los datos), de prueba (con el 15% de los datos) y de validación (con el 15% de los datos).

De los 144 modelos, se seleccionaron 101 de ellos, lo que corresponde al 70%, para la etapa de entrenamiento (entrenamiento-validación-prueba) y el 30% restante, es decir, 43 modelos, para comprobar los resultados ofrecidos por la RNA correspondiente a una misma topología de red neuronal con retropropagación hacia adelante, compuesta por cinco neuronas en la primera capa oculta y una neurona en la segunda capa oculta.

La manera de obtener los factores de seguridad para los 144 modelos con los que se evaluó la RNA, fue utilizando los programas SIGMA/W, SEEP/W y SLOPE/W que integran el GeoStudio (2012). Se implementó en todos los casos el MEF para obtener el factor de seguridad del talud aguas abajo.

### 3. Resultados

Los resultados obtenidos con las herramientas SIGMA/W, SEEP/W y SLOPE/W se muestran en las Figuras 3-5.

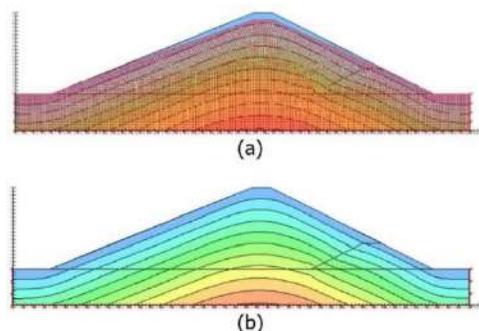


Figura 3. Modelo obtenido en SIGMA/W: (a) Malla deformada; (b) Distribución de tensiones

En la Figura 3 se muestra la malla deformada y la distribución de tensiones asociadas al modelo propuesto.

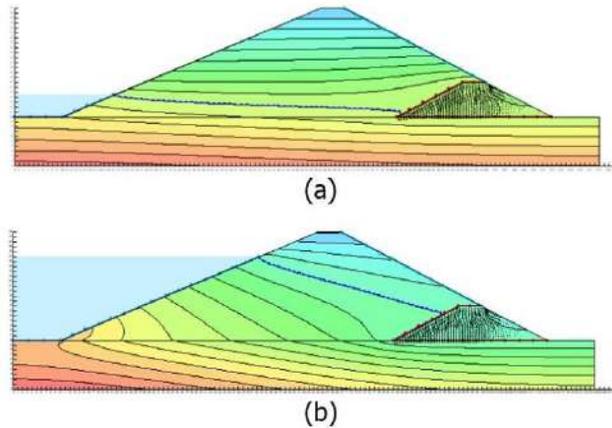


Figura 4. Modelo obtenido en SEEP/W: (a) Final de la construcción; (b) Operación.

En la Figura 4 se muestra la línea de corriente superior generada para los casos de final de la construcción y operación. Se aprecia, además, la variación de la presión de poros en cada caso, producto de la variación del nivel de las aguas en el interior de la cortina de la presa.

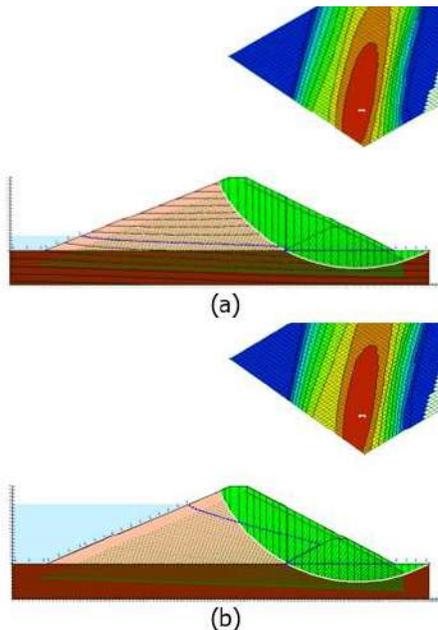


Figura 5. Modelo obtenido en SLOPE/W: (a) Final de la construcción; (b) Operación.

En la Figura 5 se muestra la superficie crítica de deslizamiento para los casos de final de la construcción y operación, notándose que, aunque esta superficie es muy similar para ambos casos, la línea de corriente superior difiere a partir del nivel de agua establecido, lo que implica una variación del factor de seguridad, mostrándose en la diferencia existente en las superficies de respuesta para uno u otro estado de carga.

El modelo general implementado con la RNA se muestra en la Figura 6.

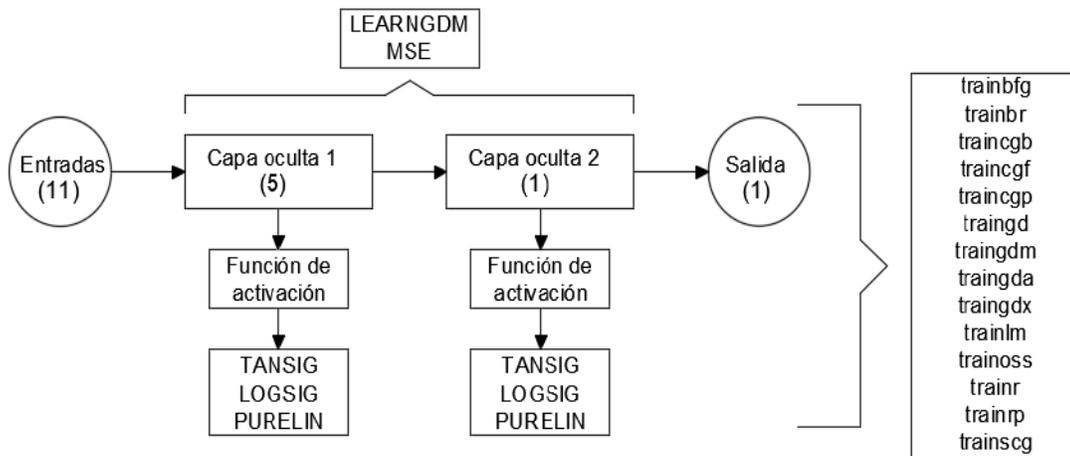


Figura 6. Modelo implementado con la caja de herramientas para redes neuronales en MATLAB®.

A partir de las combinaciones mostradas en la Figura 6 se generan 126 nuevos modelos. Después de analizar cada uno de ellos se obtienen los coeficientes  $R^2$  que se muestran en las Figuras 7 (a), 7 (b) y 7 (c), teniendo en cuenta que la distribución es: función de activación para primera capa oculta - función de activación para segunda capa oculta.

En la Figura 7 (a) se observa que, al comparar los resultados obtenidos con el modelo del MEF respecto a los de RNA para valores superiores al 95% de efectividad, para los casos donde la función de activación de la primera capa oculta es la tangente hiperbólica (TANSIG), los mejores resultados corresponden a la función de activación tangente hiperbólica (TANSIG) en la segunda capa oculta, con un 64,3% de acierto y luego, la función lineal pura (PURELIN) con un 28,6% de aciertos. La función logística (LOGSIG) no tuvo resultados (0% de aciertos) por encima del 95%.

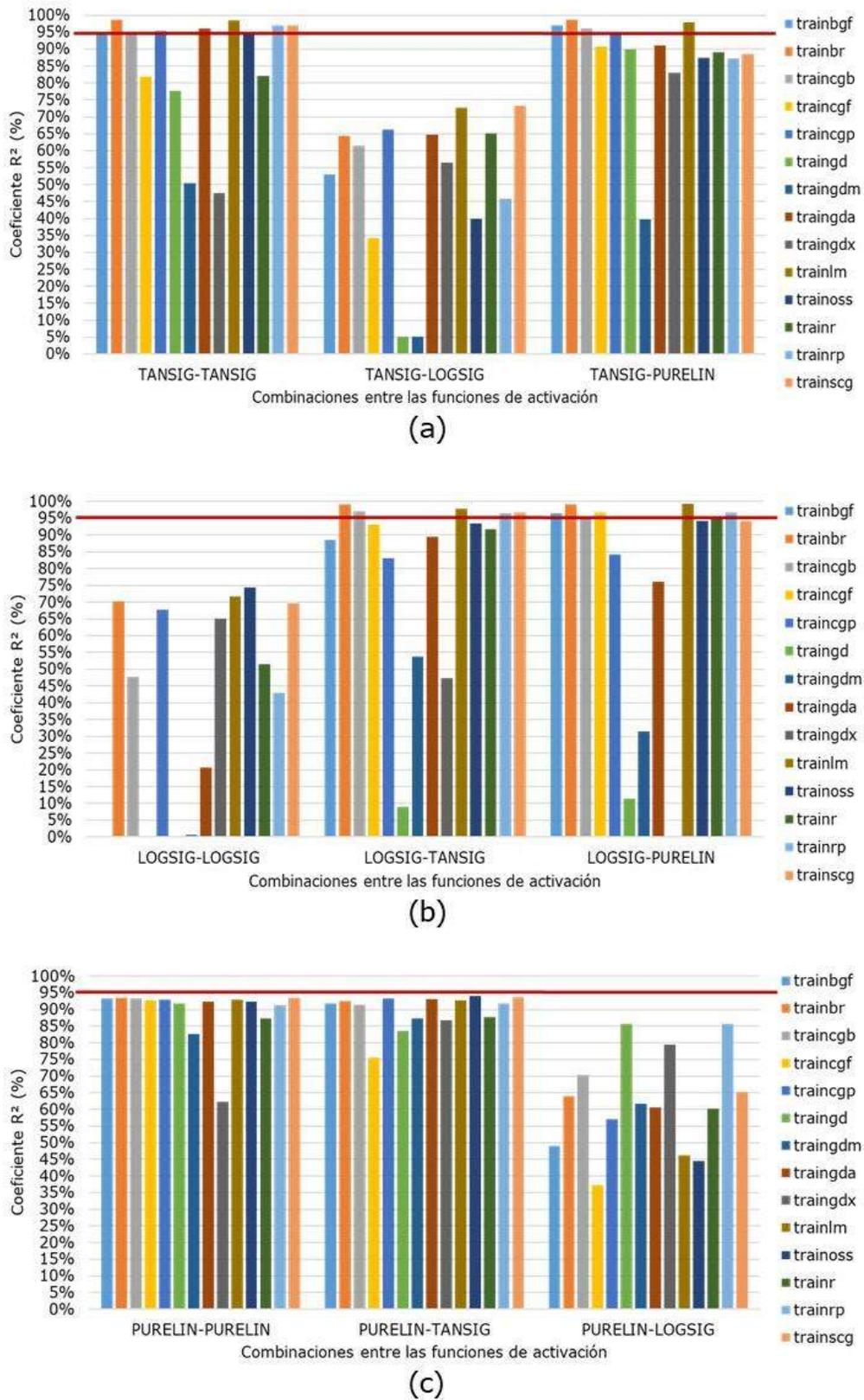


Figura 7. Coeficientes  $R^2$ : (a) TANSIG; (b) LOGSIG; (c) PURELIN.

En la Figura 7 (b) donde la función de la primera capa oculta es la logística (LOGSIG), los mejores resultados corresponden a la función lineal pura (PURELIN) en la segunda capa oculta, con un 50% de aciertos y luego la función tangente hiperbólica (TANSIG) con un 35,7%. Otra vez la función logística no tuvo resultados (0% de aciertos) por encima del 95%.

En la Figura 7 (c) se muestra que para ninguna de las variantes probadas se supera el 95% de semejanza entre los modelos obtenidos con el MEF respecto a los de RNA.

En ninguno de los casos analizados, cuando la función de activación de la segunda capa oculta era la función logística (LOGSIG) se obtuvieron resultados por encima del 95%. Igualmente ocurrió cuando la función de activación de la primera capa oculta era la función lineal pura (PURELIN).

En las Figuras 8 (a), 8 (b) y 8 (c) se muestra el comportamiento del error para cada una de las combinaciones analizadas, al comparar los resultados obtenidos por el modelo con el MEF respecto al basado en RNA.

En la Figura 8 (a) se observa que para los casos donde la función de activación de la primera capa oculta es la tangente hiperbólica (TANSIG), los mejores resultados corresponden a la función de activación tangente hiperbólica (TANSIG) en la segunda capa oculta, con un 28,6% de los valores por debajo de 5%; luego, la función lineal pura (PURELIN) con un 21,4% por debajo de 5% y finalmente la función logística (LOGSIG) con 0% del total de resultados por debajo de 5%.

En la Figura 8 (b) donde la función de la primera capa oculta es la logística (LOGSIG), los mejores resultados corresponden a las funciones tangente hiperbólica (TANSIG) y lineal pura (PURELIN) en la segunda capa oculta, con un 35,7% del total de valores por debajo del 5% en ambos casos; luego, la función logística presenta 0% del total de resultados por debajo del 5%.

En la Figura 8 (c) se muestra que para ninguna de las variantes probadas se obtienen valores del error inferiores al 5% entre los modelos obtenidos con el MEF respecto a los de RNA.

En ninguno de los casos analizados, cuando la función de activación de la segunda capa oculta era la función logística (LOGSIG) se obtuvieron errores por debajo del 5%. Igualmente ocurrió cuando la función de activación de la primera capa oculta era la función lineal pura (PURELIN).

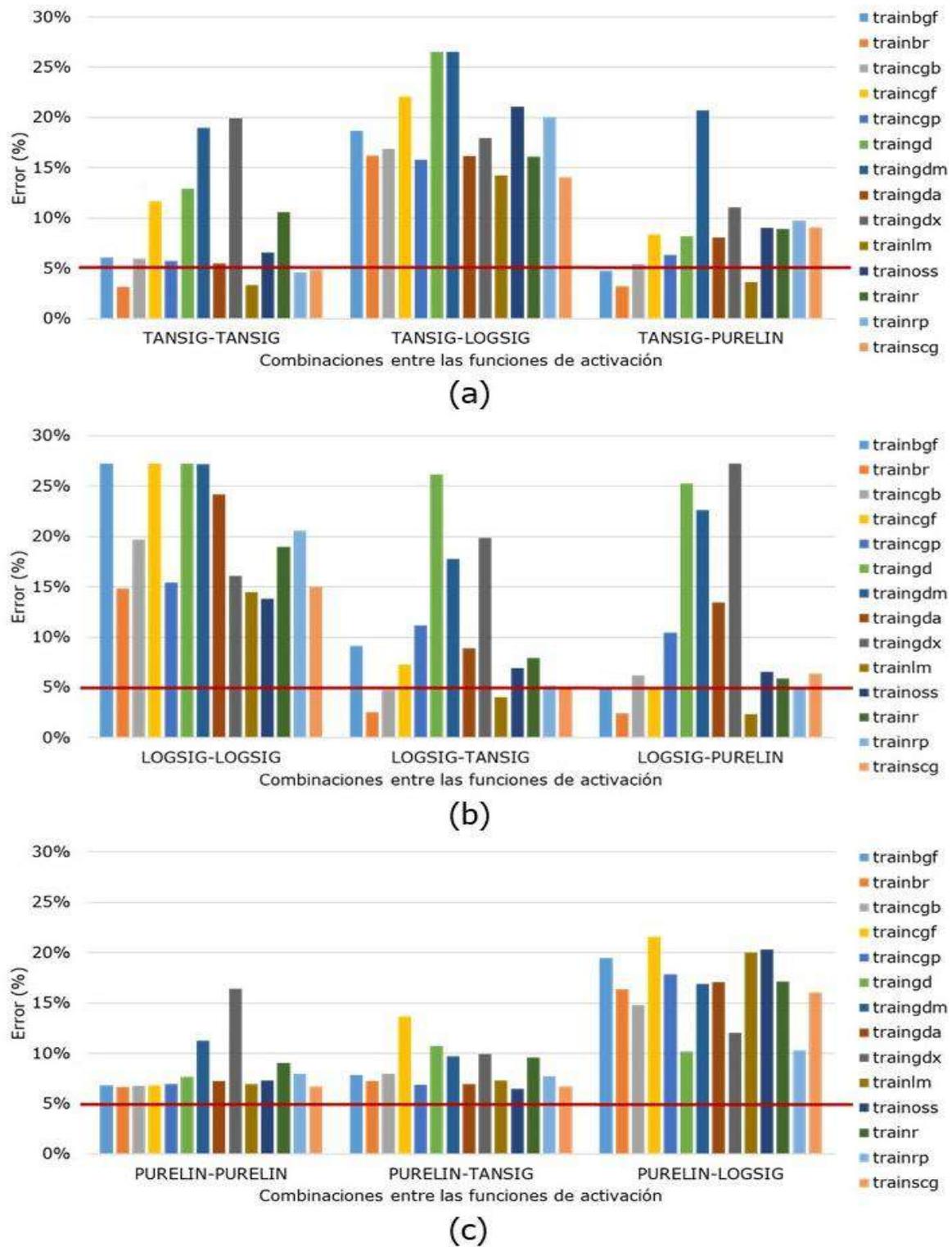


Figura 8. Error: (a) TANSIG; (b) LOGSIG; (c) PURELIN.

A partir de los resultados obtenidos al analizar todas las combinaciones planteadas se obtienen resultados similares utilizando la función de entrenamiento Regularización Bayesiana (*trainbr*), para las combinaciones TANSIG-TANSIG y TANSIG-PURELIN, ambas con un coeficiente  $R^2$  de 99% y un error de 3%. El resultado de los factores de seguridad para ambas combinaciones respecto a los obtenidos por el MEF se muestra en la Figura 9.

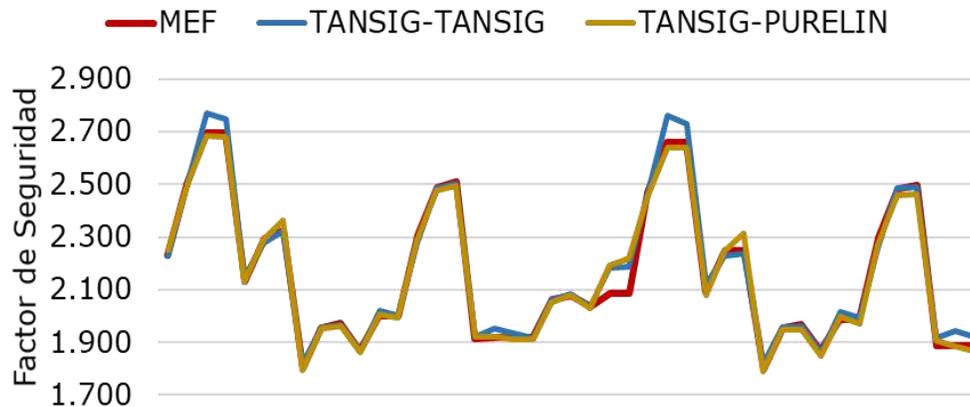


Figura 9. Factores de seguridad obtenidos por el MEF y por las combinaciones de RNA con mejores resultados.

En la Figura 9 se muestran los factores de seguridad obtenidos por el MEF respecto a las combinaciones TANSIG-TANSIG y TANSIG-PURELIN para la función de Regularización Bayesiana (*trainbr*). En la misma, se observa que la combinación TANSIG-PURELIN es la que más se aproxima a los resultados obtenidos empleando el MEF. Esta afirmación se corrobora en los resultados ofrecidos por MATLAB®, al finalizar el proceso de entrenamiento, mostrados en las Figuras 10 (a) y 10 (b)

En las Figuras 10 (a) y 10 (b) se puede apreciar que en el caso de la combinación TANSIG-TANSIG, el resultado general del entrenamiento es de 0,9995; mientras que para la combinación TANSIG-PURELIN se obtuvo un valor de 0,99998. Por lo tanto, se corrobora que el mejor resultado de todos los obtenidos corresponde a la segunda combinación.

Para el caso analizado, se aprecia un elevado coeficiente de correlación obtenido para un número reducido de neuronas ocultas, lo que contrasta con los planteado por diversos autores que han abordado el tema con anterioridad, como (Beiranvand et al., 2019; Costa, 2016; Montoya, 2018).

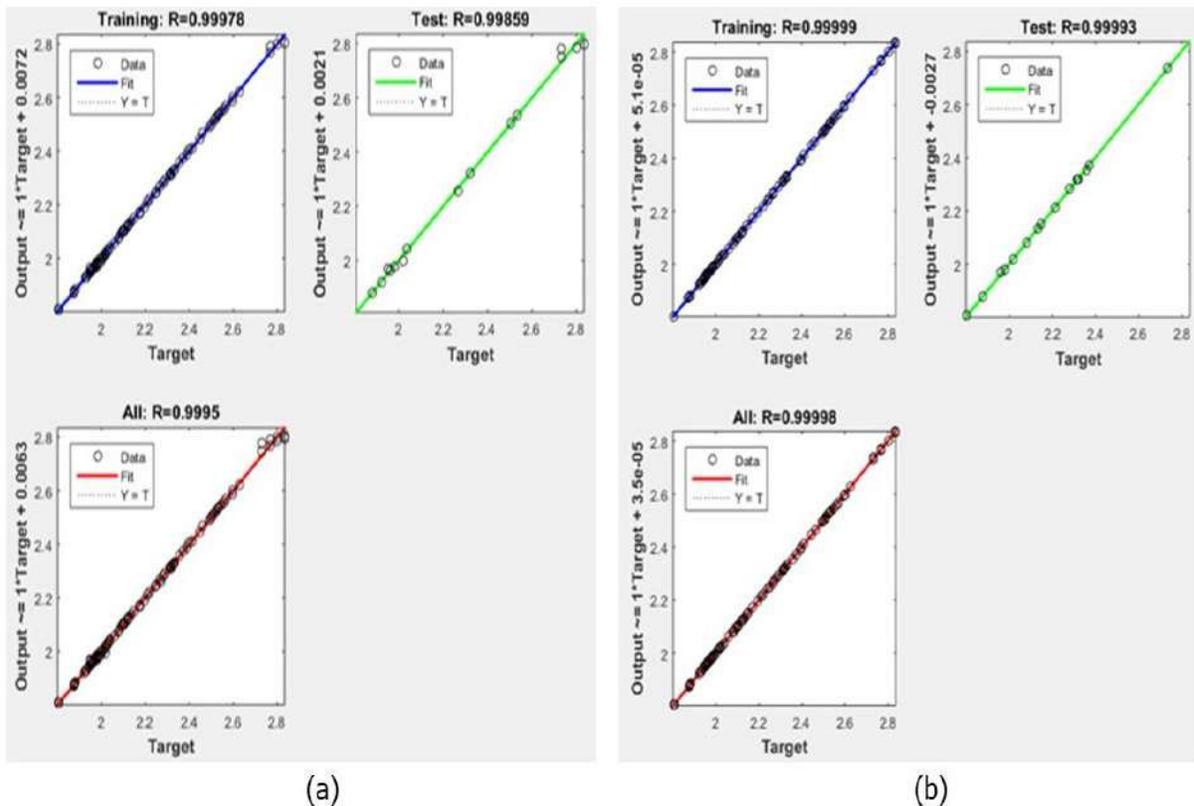


Figura 10. Resultados obtenidos con MATLAB®: (a) TANSIG-TANSIG; (b) TANSIG-PURELIN

## Conclusiones

Se plantea un modelo de RNA, utilizando la caja de herramientas para redes neuronales de MATLAB®, con once variables de entrada, dos capas ocultas, con cinco neuronas en la primera y una neurona en la segunda, cuya función de aprendizaje adaptativo es la de gradiente descendente con momento (LEARNGDM) y la función de rendimiento empleada es la del promedio de los errores al cuadrado (MSE).

Se analizaron 144 modelos para evaluar la influencia de las catorce funciones de entrenamiento y las tres funciones de activación disponibles en la caja de herramientas para redes neuronales de MATLAB®, para ambas capas ocultas. En ninguno de los casos analizados, cuando la función de activación de la segunda capa oculta es la función logística (LOGSIG) se obtuvieron resultados del coeficiente  $R^2$  por encima del 95%. Igualmente, cuando la función de

activación de la primera capa oculta es la función lineal pura (PURELIN), todos los valores del coeficiente  $R^2$  es inferior al 95%.

A partir de los resultados obtenidos, en ninguno de los casos analizados, cuando la función de activación de la segunda capa oculta es la función logística (LOGSIG) se obtuvieron errores por debajo del 5%. Igualmente, cuando la función de activación de la primera capa oculta era la función lineal pura (PURELIN), el valor del error en todos los casos es superior al 5%.

Finalmente, según los resultados obtenidos, la función de entrenamiento con los mejores resultados es la de Regularización Bayesiana (*trainbr*) y la combinación TANSIG-PURELIN es la que más se aproxima a los modelos empleando el MEF, con un coeficiente de correlación  $R^2$  igual a 99% y un error de 3%.

A partir de esta calibración puede emplearse el algoritmo planteado para obtener el factor de seguridad en presas de tierra homogéneas con características similares a las estudiadas en la presente investigación.

## Referencias

- Aldabas, E. (2002). Introducción al reconocimiento de patrones mediante redes neuronales. Conferencias de ingeniería electrónica (pp. 1-3).
- Beiranvand, B., Mohammadzadeh, A., & Komasi, M. (2019). Effect of different parameters of heterogeneous dams on safety factor using the neural network . Case study : Marvak dam. Nexo Revista Científica, 32(2), 126-138. doi:10.5377/nexo.v32i02.9263
- Chafra, E. X. (2019). Análisis del rendimiento de algoritmos de entrenamiento de Redes Neuronales Artificiales aplicadas al modelamiento dinámico de represas hidroeléctricas, mediante el error de predicción del nivel de embalse de agua. Tesis de Maestría. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Costa, C. (2016). Predicción de la estabilidad de presas heterogéneas mediante redes neuronales artificiales. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Madrid.
- Ermini, L., Catani, F., & Casagli, N. (2005). Artificial Neural Networks applied to landslide susceptibility assessment. Geomorphology, 66(3-4), 327-343. doi:http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.025

Flores, I., Castro, I., Tristá, J. G., & Haramboure, Y. G. (2019). Influencia de la permeabilidad del suelo no saturado en los taludes de presas de tierra. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XL(3), 86–100.

Flores, I., Tristá, J. G., & Haramboure, Y. G. (2020). Estabilidad de taludes durante un desembalse rápido en presas de tierra con suelos parcialmente saturados. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(1), 19.

Fredlund, D. G., & Rahardjo, H. (1993). *Soil Mechanics for Unsaturated Soils* (p. 567). New York: John Wiley & Sons.

Gomes, G. (2016). Modelo de predicción de aportaciones mensuales utilizando Redes neuronales Artificiales. Aplicación a la cuenca del río Amambaí (Brasil). Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia.

González Salcedo, L. O., Gotay Sardiñas, J., Roodschild, M., Will, A. L., & Rodríguez, S. (2017). Optimización en la elaboración de redes neuronales artificiales adaptativas usando una metodología de algoritmo de poda. *Ingenio Magno*, 8(1), 44–56.

Llano, L., Hoyos, A., Arias, F., & Velásquez, J. (2007). Comparación del desempeño de funciones de activación en Redes Feedforward para aproximar funciones de datos con y sin ruido. *Avances en Sistemas e Informática*, 4(2), 10.

Londoño, J. P., Cifuentes, P. A., & De Felipe, J. J. (2007). Modelización de problemas ambientales en entornos urbanos utilizando sistemas de información geográfica y métodos multivariantes. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, (2), 21–51.

Montenegro, D. D., Pérez, M. A., & Vargas, V. (2019). Using Artificial Neural Networks to predict monthly precipitation for the Cali river basin, Colombia. *DYNA*, 86(211), 122–130. doi:<http://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.76079>

Montoya, E. (2013). Modelo de alerta de escorregamentos deflagrados por chuvas usando redes neurais artificiais. Tesis de Mestría. Universidad de Brasilia.

Montoya, E. (2018). Metodología para la aplicación de Redes Neuronales Artificiales para sistemas de alerta de deslizamientos provocados por lluvias en regiones montañosas. Tesis de Doctorado. Universidad de Brasilia.

Neaupane, K. M., & Piantanakulchai, M. (2006). Analytic network process model for landslide hazard zonation. *Engineering Geology*, 85(3-4), 281–294. doi:<http://doi.org/10.1016/j.enggeo.2006.02.003>

Ni, S. H., Lu, P. C., & Juang, C. H. (1996). A fuzzy neural network approach to evaluation of slope failure potential. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 11(1), 59–66. doi:[http://doi.org/10.1016/0148-9062\(96\)81903-6](http://doi.org/10.1016/0148-9062(96)81903-6)

Pano, A. D. (2015). Realización FPGA de una Red Neuronal Artificial para Reproducir Comportamiento Caótico. Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Astrofísica, óptica y electrónica.

Pradhan, B., & Lee, S. (2009). Landslide risk analysis using artificial neural network model focussing on different training sites. *International Journal of Physical Sciences*, 4(1), 1-15. doi:<http://www.academicjournals.org/IJPS>

Pradhan, B., & Lee, S. (2010). Regional landslide susceptibility analysis using back-propagation neural network model at Cameron Highland, Malaysia. *Landslides*, 7(1), 13-30. doi:<http://doi.org/10.1007/s10346-009-0183-2>

Santillán, D., Fraile-Ardanuy, J., & Toledo, M. Á. (2014). Predicción de lecturas de aforos de filtraciones de presas bóveda mediante redes neuronales artificiales. *Tecnología y Ciencias del Agua*, V(3), 81-96.

Yesilnacar, E., & Topal, T. (2005). Landslide susceptibility mapping: A comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study, Hendek region (Turkey). *Engineering Geology*, 79(3-4), 251-266. doi:<http://doi.org/10.1016/j.enggeo.2005.02.002>

## Análisis crítico del potencial del plasma frío como tecnología no destructiva en el procesamiento alimentario: situación actual y tendencias futuras

Vicente Tirado-Kulieva\*

William Rolando Miranda Zamora\*\*

Nelly Luz Leyva Povis\*\*\*

### RESUMEN

El Plasma frío surge como una tecnología no térmica con distintas aplicaciones en los alimentos, con un mínimo efecto en su calidad. El objetivo de esta revisión fue analizar su potencial no destructivo en la mencionada industria, para la cual, se recopiló información de libros y artículos científicos de alto impacto, especialmente de los últimos años y fue estructurada enfatizando, la conservación alimentaria y otros campos del procesamiento. De acuerdo a las investigaciones consultadas, el plasma frío ha mostrado eficacia en la descontaminación microbiana e inactivación enzimática, en la mejora de las características sensoriales y fisicoquímicas de los alimentos, en la funcionalización del sistema de envasado y también en el tratamiento de aguas residuales generadas. El mecanismo de acción se basa en sus especies reactivas que, al tener contacto con los microorganismos y enzimas, los afecta hasta su muerte y degradación, respectivamente. En la interacción con los compuestos como el almidón, estas especies inducen en una mejora funcional significativa y preservan los termosensibles como las vitaminas. De igual manera ocurre con la carga microbiana y química de las aguas residuales, logrando su purificación. A pesar del enorme potencial detallado, al ser una tecnología relativamente nueva, se requiere de mayor investigación para suplir sus limitaciones, además de evaluar su uso sinérgicamente con otras técnicas para mejorar el proceso y sus resultados.

**PALABRAS CLAVE:** Innovación; procesamiento de alimentos; seguridad alimenticia; agricultura; hortalizas; agua residual

\*Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8534-9153>

\*\*Docente Investigador. Universidad Nacional de Frontera, Sullana. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0829-2568>

\*\*\*Docente Asociada. Universidad Nacional de Piura. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1821-1044>

Recibido: 30/10/2020

Aceptado: 17/12/2020

## Critical analysis of the potential of cold plasma as a non-destructive technology in food processing: current situation and future trends

### ABSTRACT

Cold plasma emerges as a non-thermal technology with different applications in food, with a minimal effect on its quality. The objective of this review was to analyze its non-destructive potential in the mentioned industry, for which information was collected from books and scientific articles of high impact, especially from the last years and it was structured emphasizing food preservation and other processing fields. According to the consulted researches, cold plasma has shown efficacy in microbial decontamination and enzymatic inactivation, in the improvement of sensory and physicochemical characteristics of food, in the functionalization of the packaging system and also in the treatment of generated wastewater. The mechanism of action is based on its reactive species which, when in contact with microorganisms and enzymes, affects them until their death and degradation, respectively. In the interaction with compounds such as starch, these species induce a significant functional improvement and preserve heat-sensitive compounds such as vitamins. The same occurs with the microbial and chemical load of wastewater, achieving its purification. Despite the enormous detailed potential, being a relatively new technology, further research is required to address its limitations, as well as to evaluate its use synergistically with other techniques to improve the process and results.

KEYWORDS: Innovation; food processing; food security; agriculture; vegetables; waste water.

### Introducción

En la actualidad, la industria de alimentos tiene problemas asociados con la higiene y calidad alimentaria (Hati et al., 2018; Misra et al., 2018), siendo la sostenibilidad alimentaria, uno de los más preocupantes (Feizollahi et al., 2020; Fellows, 2016) y debido a eso, los consumidores al estar más preocupados por su salud, buscan alimentos seguros y que cumplan con los criterios de calidad (Baggio et al., 2020; Lacombe et al., 2015; Niemira y sites, 2008; Pinela y Ferreira, 2015), pero a pesar de ello, las enfermedades de transmisión alimentaria (ETAs) continúan siendo un reto, las cuales son ocasionadas por alimentos en mal estado por especialmente acción de microorganismos (MO) patógenos y de descomposición (Bermúdez-Aguirre et al., 2013; Liao et al., 2017; Niemira, 2012; Pan et al., 2019a; Stoica et al., 2014), y enzimas naturales que también pueden causar su deterioro;

repercutiendo de manera general en términos económicos y en la salud pública (Niemira, 2012; Ziuzina et al., 2014). Cabe destacar que esto afecta principalmente a las frutas, verduras (Niemira y sites, 2008), carnes y demás alimentos frescos que, al no ser procesados o sí, pero mínimamente, son más susceptibles y tienen una vida útil limitada (Liao et al., 2020; Pan et al., 2019b).

Considerando lo previo, para obtener alimentos en óptimas condiciones, naturales, nutritivos, atractivos, sabrosos e inocuos sin el empleo de conservantes y demás aditivos químicos (Bermúdez-Aguirre et al., 2013; Scholtz et al., 2015; Surowzky et al., 2014), se emplean diversos métodos de conservación para reducir o eliminar la carga microbiana en el alimento y de igual manera con las alteraciones bioquímicas, logrando prolongar su vida de anaquel (Fellows, 2016). Existen las tecnologías térmicas tradicionales que se han usado por largo tiempo (Kaluwahandi et al., 2020) como la pasteurización, esterilización, calentamiento óhmico, etc. (Niemira, 2012; Ziuzina et al., 2014), que, aunque sean eficientes en la inhibición microbiológica y enzimática, suelen afectar las características sensoriales, fisicoquímicas y nutricionales por la termosensibilidad de muchos compuestos que contienen los alimentos (Alves et al., 2020; Liao et al., 2017; Pinela y Ferreira, 2015; Scholtz et al., 2015). A causa de ello, con el fin de evitar el daño al alimento (Chizoba et al., 2017), también existen las tecnologías no térmicas como el procesamiento a altas presiones, la irradiación, el campo eléctrico pulsado, luz pulsada, luz ultravioleta (UV), ultrasonido, la aplicación de ozono, entre otras (Baier et al., 2014; Kaluwahandi et al., 2020; Niemira, 2012; Pan et al., 2019b; Ziuzina et al., 2014), que también ofrecen sus respectivas ventajas y con buenos resultados, pero no logran reemplazar en su totalidad a las térmicas.

Para satisfacer la necesidad de aplicar tecnologías de conservación a bajas temperaturas que sean igual de eficaces que las térmicas convencionales, se están investigando nuevas alternativas o procesos complementarios a los comunes (Mandal et al., 2018; Misra et al., 2014) como el congelamiento y la refrigeración (Pan et al., 2019a; Pankaj et al., 2014), para garantizar la inocuidad alimentaria y conservar la mayor parte de sus características y propiedades (Liao et al., 2020). En la última década, el plasma frío (PF) está atrayendo cada vez más la atención al ser una tecnología no térmica prometedora (Chizoba et al., 2017; Feizollahi et al., 2020; Sonawane et al., 2020; Thirumdas et al., 2017) que causa un nulo o mínimo impacto en los atributos de los alimentos tratados (Hati et al., 2018; Pankaj et

al., 2018; Sarangapani et al., 2018; Stoica et al., 2014), evitando cambios en la composición como la desnaturalización de las proteínas, el pardeamiento enzimático o no enzimático, pérdida de vitaminas, cambios en las características sensoriales (olor, color, sabor, textura), entre otras (Coutinho et al., 2018; Pan et al., 2019b), además de requerir bajos niveles de energía (Alkawareek et al., 2014; Patil et al., 2016; Sonawane et al., 2020) y ofrecer un tiempo de procesamiento muy corto (Alves et al., 2020).

El PF es una tecnología emergente económica, versátil y amigable con el ambiente (Charoux et al., 2020; Gavahian et al., 2018; Han et al., 2019; Pankaj et al., 2014; Pankaj et al., 2018) que se ha empleado principalmente como descontaminante en la industria médica, electrónica y textil (Niemira, 2012; Pankaj et al., 2014), debido a su enorme potencial antimicrobiano (Feizollahi et al., 2020) y por ello, además ha empezado a utilizarse en la desinfección/esterilización de una gran variedad de alimentos (Chizoba et al., 2017; Pinela y Ferreira, 2015), incluyendo la de sus empaques (Hati et al., 2018; Pankaj et al., 2014; Pankaj y Keener, 2017), además de múltiples aplicaciones, aprovechando sus distintas propiedades químicas.

Por lo tanto, esta revisión es la recopilación de los últimos estudios acerca de la tecnología del PF y su aplicación en la industria alimentaria. A pesar de ser poco estudiada, el PF abarca un gran campo de aplicación en la mencionada industria. Se tendrá como visión general los fundamentos del plasma y obtención del PF y como enfoque principal, su uso como técnica antimicrobiana, inactivador enzimático, su efecto en la calidad alimentaria, en envases y recubrimientos comestibles y, además, en la descontaminación de aguas residuales, con sus respectivos mecanismos de acción.

## 1. Materiales y Métodos

Para la presente revisión, se realizó la búsqueda de información de manera exhaustiva y concisa de fuentes fidedignas en relación a la materia de estudio, el plasma frío y su aplicación en la industria alimentaria. Las fuentes consultadas incluyen libros y especialmente artículos científicos, los cuales fueron seleccionados a partir de revistas reconocidas a nivel internacional, principalmente las de alto impacto indexados en Scopus y Web of Science. Se priorizó la información más reciente, representando más del 65% la de los últimos cinco años para poder tener una visión más amplia y precisa de las últimas

investigaciones. Asimismo, la estructuración del estudio se realizó de forma entendible, diseñando tablas y figuras para una mejor comprensión del tema.

## 2. Fundamentos del Plasma Frío

### 2.1. Principios del plasma: fuentes y química

El plasma, debido a sus propiedades únicas, es denominado como el cuarto estado de la materia (Baggio et al., 2020; Bourke et al., 2017; Fridman, 2008; Misra et al., 2011). Es un gas ionizado (mediante la aplicación de energía) de forma total o parcial, compuesto por especies reactivas (ER) como iones, electrones y átomos, moléculas y radicales libres (Charoux et al., 2020; Chizoba et al., 2017; Kaluwahandi et al., 2020; Mandal et al., 2018; Mir et al., 2020; Niemira, 2012) en el que se producen múltiples reacciones químicas y radiación electromagnética como la luz visible y la UV (Bao et al., 2020a; Chen et al., 2019; Schlüter et al., 2013). Se considera que el plasma es un gas eléctricamente neutro (Lieberman y Lichtenberg, 2005; Misra et al., 2011; Ozen y Singh, 2020) ya que la densidad de cargas positivas y negativas, es la misma (Charoux et al., 2020; Munekata et al., 2020; Niemira, 2014). Además, es visualizado como una descarga de luz fluorescente brillante (Niemira, 2012; Stoica et al., 2014).

Puede ser obtenido utilizando diversas fuentes de energía como descargas de barreras dieléctricas (DBD), descargas de corona (DC), descarga de arco eléctrico (DAE), arco de deslizamiento (AD), chorro de plasma (CP), aguja de plasma (AP), radiofrecuencias (RF), radiación de calor (RC), microondas (MO) y fotoionización (FI) (Hati et al., 2018; Liao et al., 2017; Lieberman y Lichtenberg, 2005; Mir et al., 2020; Misra et al., 2014; Munekata et al., 2020, Niemira, 2012; Ozen y Singh, 2020; Pan et al., 2019a; Sarangapani et al., 2018).

Chizoba et al. (2017); Fridman (2008) indican que, durante la generación del plasma, además de la ionización, ocurren otras reacciones químicas como la excitación, desexcitación, disociaciones, fragmentaciones, etc. y de acuerdo a Scholtz et al. (2015); Thirumdas et al. (2017), su química se ve influenciada de factores como la composición del gas usado, la humedad, la temperatura, la potencia, voltaje y fuente usada (Figura 1).

Niemira (2012) menciona que, el gas a ionizar puede ser aire, moléculas como el oxígeno (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>) o una mezcla que contenga gases nobles como el Argón (Ar), Helio (He) o Neón (Ne). Munekata et al. (2020); Niemira (2014)

señalan que estos carecen de estructura hasta que se les aplica la energía necesaria para que se rompan, liberando electrones, iones libres, etc. Las ER obtenidas más comunes de acuerdo a los factores previamente vistos, son según Ji et al. (2020); Schlüter et al. (2013); Scholtz et al. (2015); Thirumdas et al. (2017) las ER de oxígeno (ERO) como el oxígeno atómico (O), el molecular o singlete ( $O_2$ ), el anión superóxido ( $O_2^-$ ), el ozono ( $O_3$ ) y el radical hidroxilo (OH); las ER de nitrógeno (ERN), como el ión  $N_2^+$ , el óxido nítrico (NO) y el peroxinitrito ( $ONOO^-$ ); diferentes formas de óxido de nitrógeno ( $N_xO_y$ ), y luz UV. Si existen altos niveles de humedad, pueden generarse especies como el anión  $H^-$ , el ión  $H_2O^+$ , el hidronio  $H_3O^+$ , el anión hidróxido ( $OH^-$ ), el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y demás especies con o sin excitación. Como se aprecia, las especies predominantes varían especialmente por el gas utilizado.

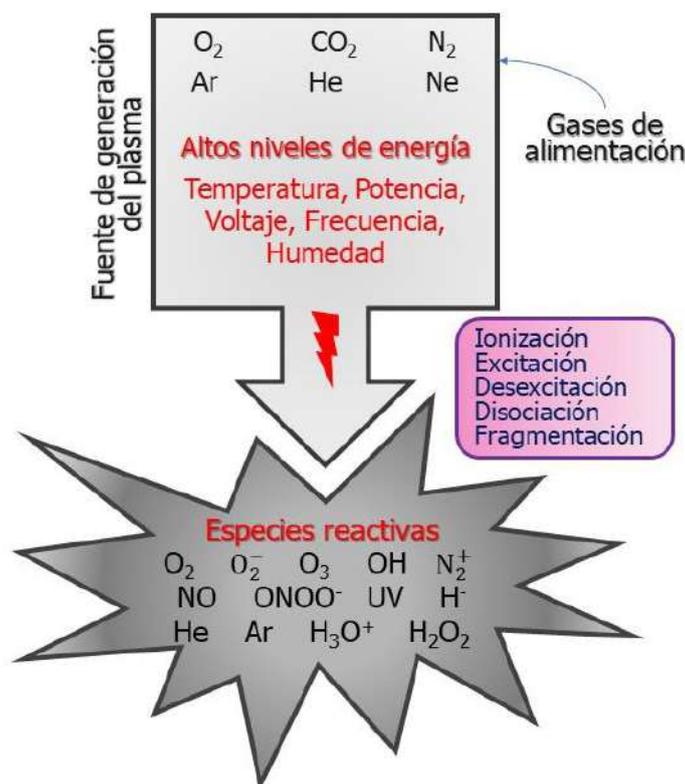


Figura 1. Proceso de generación de plasma: gases empleados, parámetros de operación, reacciones químicas ocurridas y especies reactivas generadas.

## 2.2. Tipos de plasma

En función de la temperatura y/o condiciones en las que se genera, se distinguen dos tipos de plasma, el térmico y el no térmico (Baggio et al., 2020; Chen et al., 2019; Misra et al., 2011; Scholtz et al., 2015).

Scholtz et al. (2015) explican que, para originar el plasma térmico, se necesitan niveles extremos de presión ( $\geq 10^5$  Pascal (Pa)) y potencia (hasta 50 Megawatts (MW)), aplicándose, según Chen et al. (2019) en industrias como la metalúrgica y aeronáutica. Chen et al. (2019); Charoux et al. (2020); Misra et al. (2016); Scholz et al. (2015) afirman que tiene un equilibrio termodinámico en su sistema, al mantener la temperatura de manera uniforme entre los electrones y demás especies. Schlüter et al. (2013) mencionan que un ejemplo de plasma térmico podría ser una antorcha de plasma.

A diferencia del plasma térmico en la que la temperatura de los electrones ( $T_e$ ) oscila entre  $10^4 - 10^8$  K, el del plasma no térmico está entre 300 K, pudiendo alcanzar hasta  $10^4$  K (Han et al., 2019). Este último, el PF o también llamado plasma de baja temperatura (30 – 60 °C) (Kaluwahandi et al., 2020; Misra et al., 2011; Stoica et al., 2014) se puede generar a presiones que varíen entre  $<1$  Pa, hasta 100 Pa, siendo el PF de baja presión o también a 101,325 Pa, considerado como el PF atmosférico (PFA). El PF es un “plasma de desequilibrio” ya que la  $T_e$  es mayor a la temperatura de los iones (Charoux et al., 2020; Schlüter et al., 2013; Thirumdas et al., 2015) y como la temperatura global del gas es baja (Bourke et al., 2018; Niemira, 2012; Scholtz et al., 2015), es ideal para la agricultura (Mir et al., 2020), áreas médicas, sanitarias (Patil et al., 2016), para otras industrias como la textil, la electrónica y alimentaria (Chen et al., 2019), recalcando que el PFA es el más usado en el procesamiento de los alimentos (Chizoba et al., 2017; Kaluwahandi et al., 2020; Pan et al., 2019a; Pan et al., 2020). Un ejemplo de plasma no térmico es una lámpara fluorescente (Schlüter et al., 2013).

### 3. Aplicación del plasma frío como tecnología de conservación alimentaria

El PF se propone como una tecnología de conservación no térmica con alto potencial para prolongar la vida de anaquel de los alimentos (Liao et al., 2020; Pan et al., 2019a; Sonawane et al., 2020; Ziuzina et al., 2014), basándose en la descontaminación microbiana (Bermúdez-Aguirre et al., 2013; Bourke et al., 2018; Mandal et al., 2018; Misra et al., 2016; Niemira y Sites, 2008; Pasquali et al., 2016; Patil et al., 2016; Sonawane et al., 2020; Stoica et al., 2014), y la inactivación enzimática (Almeida et al., 2017; Bourke et al., 2017; Surowzky et al., 2013; Ozen y Singh, 2020; Pan et al., 2019b).

De igual manera, según la investigación de Gavahian et al. (2020), el PF ataca los enlaces químicos de muchos plaguicidas comunes (como el paratión, ciprodinil y fludioxonil) y alérgenos alimentarios (tropomiosina, inhibidor de la tripsina, entre otros).

Los MO patógenos son el principal problema de seguridad alimentaria (Bourke et al., 2017) por agentes como las bacterias, hongos, esporas y virus (Bourke et al., 2018; Lacombe et al., 2015; Misra et al., 2019; Mostafidi et al., 2020; Pankaj y Keener, 2017; Pasquali et al., 2016; Stoica et al., 2014; Thirumdas et al., 2015), los cuales son culpables de las ETAs, pudiendo causar infección, alergia, intoxicación (Scholtz et al., 2015) y hasta la muerte del consumidor.

Según lo recopilado, el PF demostró eficacia en la descontaminación de MO incluyendo sus toxinas en gran variedad de alimentos (Figura 2) como frutas y verduras (Ji et al., 2020; Kaluwahandi et al., 2020; Niemira, 2012; Pan et al., 2019a), productos cárnicos, lácteos y derivados (Bourke et al., 2017; Stoica et al., 2014), frutos secos, cereales, granos (Bourke et al., 2017; Gavahian et al., 2018; Misra et al., 2018) y productos procesados (Almeida et al., 2017; Feizollahi et al., 2020; Ozen y Singh, 2020).

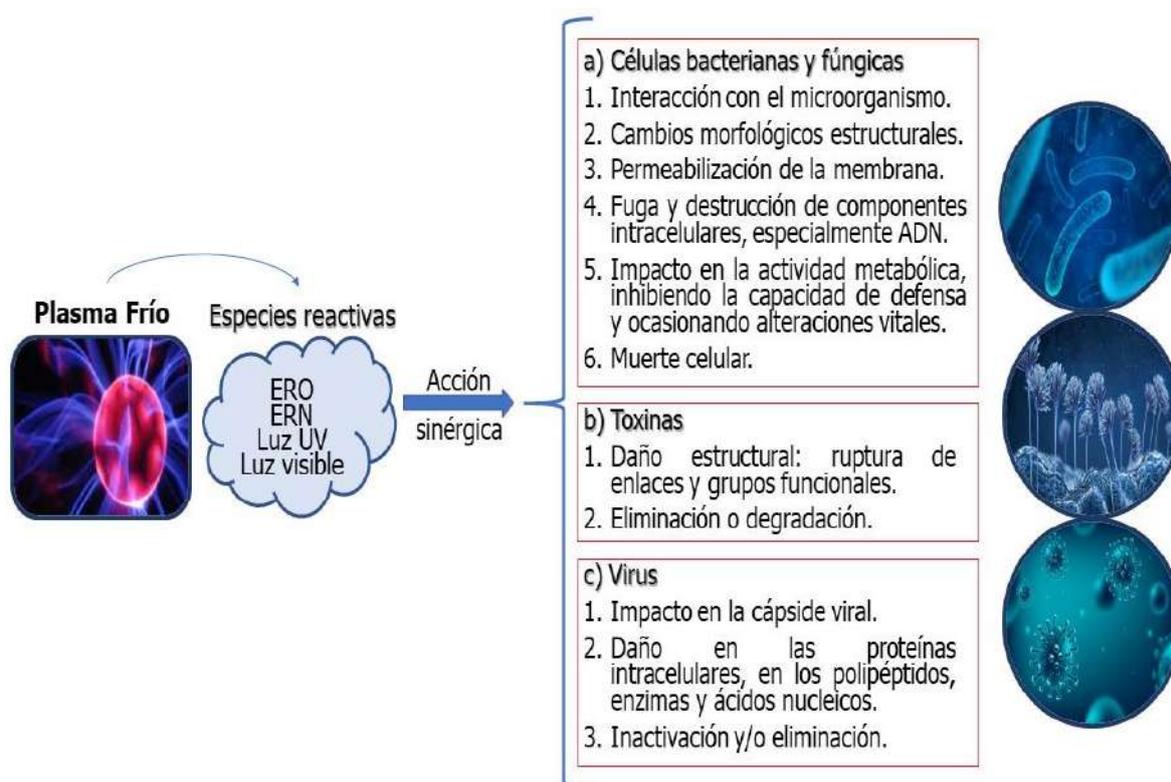


Figura 2. Actividad antimicrobiana del PF: a) efectos generales contra bacterias y hongos, b) efectos específicos en toxinas bacterianas y fúngicas, c) algunos efectos ocasionados en virus.

Las reacciones enzimáticas también son una preocupación para la industria alimenticia (Scholtz et al., 2015; Ozen y Singh, 2020) al ocasionar cambios negativos en la composición (Pankaj et al., 2013; Surowzky et al., 2013), repercutiendo en su calidad, por la cual deben de ser inactivadas o inhibidas.

### 3.1. Potencial antimicrobiano

El PF al ser una tecnología no térmica, la temperatura no es un factor que tenga mucha influencia en la esterilización (Patil et al., 2016). Su eficacia se ve afectada por la matriz alimentaria (Liao et al., 2017), tipo de MO y población inicial (Pasquali et al., 2016; Phan et al., 2017), las condiciones de operación: temperatura (Pan et al., 2019b), pH, humedad relativa, potencial de oxidación-reducción (redox), conductividad (Pan et al., 2019a), potencia y voltaje, el tiempo de procesamiento, tipo de exposición (directa o indirecta) tipo de gas, tipo de fuente del plasma (Patil et al., 2016), especialmente, la cantidad y cualidad de ER generadas (Alves et al., 2020; Bourke et al., 2017; Feizollahi et al., 2020; Gavahian et al., 2018; Misra et al., 2011; Misra et al., 2019; Niemira, 2012; Pan et al., 2019a; Pankaj et al., 2014; Stoica et al., 2014), radiación UV (Lacombe et al., 2015), visible e infrarroja (Coutinho et al., 2018), las cuales atacan a múltiples objetivos de la célula microbiana (Hati et al., 2018; Patil et al., 2016).

Las ER más estudiadas con respecto a su asociación en el efecto microbiano del PF, son ERO como el  $O_2$ ,  $O_2^-$ ,  $O_3$ ,  $H_2O_2$  (Chizoba et al., 2017; Mandal et al., 2018), el peroxilo (ROO), hidroperoxilo ( $HO_2$ ), etc. y ERN como NO, dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) (Coutinho et al., 2018; Stoica et al., 2014), ácido peroxinitroso ( $ONOO^-$ ), entre otras (Misra et al., 2017).

Un estudio de Kaluwahandi et al. (2020) informó que Ar mezclado con aire y agua activada por PF tiene una fuerte actividad viral, basándose en el efecto que ocasiona a las cadenas de polipéptidos, dañando la cápside viral. Como complemento, Stoica et al. (2014) indicaron que la efectividad del PF contra los virus se da por la permeabilización de la membrana celular, la inactivación de enzimas y el daño que causa a sus proteínas intracelulares y ácidos nucleicos.

La mayoría de investigaciones concernientes a la descontaminación microbiana aplicando PF es sobre el efecto contra las bacterias y hongos, principales agentes microbianos en gran variedad de alimentos, incluyendo sus respectivos mecanismos de inactivación (Tabla 1).

#### 3.1.1. Efecto antibacteriano

Según diversos estudios, el PF ha sido usado para desinfectar y/o esterilizar muchos alimentos, principalmente de bacterias patógenas. Entre las que fueron afectados eficazmente se encuentran la *Escherichia coli* (Baier et al., 2014; Bermúdez-Aguirre et al., 2013;

Mohamed et al., 2016; Ziuzina et al., 2014), *Salmonella enterica* Typhimurium, *Listeria monocytogenes* (Niemira, 2012; Pankaj et al., 2014; Pasquali et al., 2016; Ziuzina et al., 2014), *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* (Alkawareek et al., 2014).

El mecanismo de acción antibacterial producto de todas las ER se da porque estas al penetrar su célula (Bourke et al., 2017; Misra et al., 2016; Pasquali et al., 2016), inician una interacción química (Kaluwahandi et al., 2020; Niemira, 2012; Phan et al., 2017), dañando sus membranas, permeabilizándolas, dando lugar a la fuga del ADN (Kaluwahandi et al., 2020; Lacombe et al., 2015; Niemira, 2012; Misra et al., 2016; Phan et al., 2017), componentes como el potasio, ácidos nucleicos, proteínas metabólicas (Stoica et al., 2014), inactivación de enzimas (Pankaj y Keener, 2017), impacto en sus fosfolípidos y peptidoglicano por la formación de peróxidos y aniones superóxidos (Misra et al., 2016) y que al evitar que las bacterias activen sus defensas (Phan et al., 2017) o realicen alguna otra actividad metabólica (Bourke et al., 2018) por la pérdida de la funcionalidad (Feizollahi et al., 2020), se provocan alteraciones vitales (Bao et al., 2020a), hasta inducir la apoptosis o muerte celular (Munekata et al., 2020).

La perturbación de la membrana celular se da por las fuerzas electroestáticas generadas lo que ocasiona la electroporación y, por ende, la formación de poros, repercutiendo en la fuga del contenido y posterior muerte de la célula (Feizollahi et al., 2020; Lunov et al., 2015), lo cual fue comprobado mediante microscopía electrónica de barrido por Bermúdez-Aguirre et al. (2013), quienes sostienen que las ER al ingresar a la célula, reaccionan con sus componentes principales como las mitocondrias y el núcleo e incluso, según Hati et al. (2018), el ADN, involucrando a los rayos UV en la dimerización de la timina y citosina. De forma específica, las ERO y ERN al ser los principales agentes bactericidas (Misra et al., 2016), siendo las ERO las que cumplen el rol protagónico (Cheng et al., 2020; Pankaj y Keener, 2017), Alkawareek et al. (2014); Bermúdez-Aguirre et al. (2013); Feizollahi et al. (2020); Liao et al. (2017); Pasquali et al. (2016); Surowzky et al. (2013) manifiestan que inducen a la peroxidación lipídica de las membranas microbianas, ocasionando daño oxidativo, ruptura de la membrana y fuga del material intracelular. De acuerdo con Stoica et al. (2014), la toxicidad de los radicales OH influye mayoritariamente en dicho efecto.

Tabla 1. Hallazgos sobre la aplicación de PF en la descontaminación microbiana de los productos alimenticios.

Matriz alimentaria	Microorganismo	Gas de alimentación	Fuente de plasma	Mejores parámetros del proceso	Reducción microbiana	Referencias
Ensalada de maíz, pepino, manzana y tomate	<i>Escherichia coli</i> DSM 1116	Ar + 0.1 % O <sub>2</sub>	CPAT	P: 8W, V: 6 kV, f: 1.1 MHz, Φ: 5 L/min, t: 60 s	1 ± 1.2, 4.7 ± 0.4, 4.7 ± 0, y 3.3 ± 0.9 unidades logarítmicas	Baier et al. (2014)
Lechuga, zanahoria y tomate	<i>E. coli</i>	Ar	CP	V: 12.83 kV, f: 60 Hz, Φ: 455.33 cm <sup>3</sup> /min t: 10 min	1.6 ciclos logarítmicos	Bermúdez-Aguirre et al. (2013)
Arándanos	Bacterias aeróbicas y moho nativo	Aire	DBD	V: 12 kV, f: 5 Hz, t: 60 s	0.34-1.24 y 0.57-0.87 log UFC/g para bacterias y moho, respectivamente	Ji et al. (2020)
Polvo de pimienta roja	<i>Aspergillus flavus</i> y <i>Bacillus cereus</i>	N <sub>2</sub> y He - O <sub>2</sub> (9.8:0.2)	MO	P: 900 W, p: 667 Pa, Φ: 1 L/min, t: 20 min ( <i>A. flavus</i> ) y 30 min ( <i>B. cereus</i> )	2.5 ± 0.3 log esporas/g de plasma en <i>A. flavus</i> , usando N <sub>2</sub> y 3.4 ± 0.7 log esporas/g en <i>B. cereus</i> , He - O <sub>2</sub>	Kim et al. (2014)
Polvo de cebolla	<i>Aspergillus brasiliensis</i> , <i>B. cereus</i> y <i>E. coli</i> O157:H7	He	MO	P: 400 W, p: 0.7 kPa, Φ: 1 L/min, t: 40 min	2.1, 1.6 y 1.9 log esporas/cm <sup>2</sup> en <i>A. brasiliensis</i> , <i>B. cereus</i> y <i>E. coli</i> , respectivamente	Kim et al. (2017)
Arándanos	Microflora nativa (bacterias aerobias totales y levaduras/mohos)	Aire	PFA	P: 549 W, f: 47 kHz, Φ: 4 pies <sup>3</sup> /min, p: 60 psi, t: 15-120 s	0.8 - 1.6 log UFC/g en bacterias y 1.5 - 2 log UFC/g en levaduras/mohos	Lacombe et al. (2015)
Fresas	Bacterias mesófilas aerobias, levaduras y moho nativo	Aire	DBD	V: kV, f: 50 Hz, HR: 42%, t: 5 min	2 log para las bacterias, levaduras y moho	Misra et al. (2014).
Manzana Golden Delicious	<i>E. coli</i> O157:H7 y <i>Salmonella stanley</i>	Aire	AD	V: 30 kV, f: Hz, Φ: 40 L/min, t: 3 min	3.4 - 3.6 log UFC/ml en <i>E. coli</i> y 2.9 - 3.7 UFC/ml en <i>S. stanley</i>	Niemira (2008)

Achicoria roja	<i>E. coli</i> O157:H7 y <i>Listeria monocytogenes</i>	Aire	DBD	V: 15 kV, f: 12.5 kHz, $\Phi$ : $7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ , HR: 60%, t: 15 min ( <i>E. coli</i> ) y 30 min ( <i>L. monocytogenes</i> )	1.35 log NMP/cm <sup>2</sup> en <i>E. coli</i> y 2.2 log UFC/cm <sup>2</sup> en <i>L. monocytogenes</i>	Pasquali et al. (2016)
Semilla de tomate, de garbanzo, avena, trigo, frijol de soja, cebada, frijol, maíz, centeno y lentejas	<i>Aspergillus spp.</i> y <i>Penicillium spp.</i>	Hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> )	MO	P: 300 W, p: 500 mTorr, t: 15 min	3 log para ambos hongos en todas las semillas	Selcuk et al. (2008)
Jugo de manzana	<i>Citrobacter freundii</i>	Ar + 0.1% O <sub>2</sub>	CP	V: 65 V, f: 1.1 MHz, $\Phi$ : 5 L/min, T: 480 s	5 ciclos logarítmicos	Surowzky et al. (2014)
Paocai (rábano fermentado)	Levaduras nativas	Aire	DBD	V: 60 kV, f: 50 Hz, HR: 45%, t: 60 s	Eliminación total de las levaduras, reteniendo y propiciando la propagación de las bacterias ácido lácticas, de importancia fermentativa	Zhao et al. (2020)
Tomates, cerezas y fresas	<i>E. coli</i> , <i>Salmonella entérica serovar Typhimurium</i> y <i>L. monocytogenes</i>	Aire	DBD	V: 70 kV <sub>RMS</sub> , t: 300 s	4.2, 3.8 y 3.5 log UFC/muestra en <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. Stanley</i> y <i>E. coli</i> , respectivamente	Ziuzina et al. (2014)

Nota: P = potencia, V = voltaje, f = frecuencia, HR: humedad relativa, p = presión,  $\Phi$  = flujo volumétrico, t = tiempo, NMP = número más probable, UFC = unidad formadora de colonias, RMS = root men square, también llamado voltaje eficaz

De acuerdo a múltiples investigaciones, las bacterias Gram negativas tienen mayor susceptibilidad a los efectos del PF que las Gram positivas, debido a que estas últimas tienen mayor cantidad de peptidoglicano y mayor estabilidad en su pared celular, frente al menor contenido de las negativas (Bourke et al., 2017; Liao et al., 2017). Como era de suponerse, Bourke et al. (2017) agregan que las bacterias anaerobias son muy sensibles a las ERO, quienes les causan daños significativos a su membrana citoplasmática y ADN.

### 3.1.2. Efecto antifúngico

Los hongos, especialmente los mohos son responsables de cambios indeseables y hasta del deterioro en muchos alimentos (Kaluwahandi et al., 2020), lo cual tiene un fuerte impacto negativo en la seguridad alimentaria (Adebo et al., 2020; Misra et al., 2018). Con base en Misra et al. (2018), los hongos se desarrollan en todo tipo de alimentos, causándoles decoloración, sabor desagradable, propágulos y putrefacción.

Las micotoxinas producidas por hongos de los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium* (Adebo et al., 2020; Misra et al., 2018), *Stachybotrys* y *Claviceps* (Adebo et al., 2020), suponen el mayor riesgo de este tipo de MO, las cuales pueden contaminar al producto en distintas etapas de la cadena alimentaria. De acuerdo con Annapure (2018), las aflatoxinas son las más tóxicas, cancerígenas y teratogénicas de todas las micotoxinas y que son producidas por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*.

Para contrarrestar la contaminación fúngica en los alimentos, el PF emerge como alternativa de esterilización no térmica que ya ha sido probada, obteniendo resultados favorables (Kaluwahandi et al., 2020) contra *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* (Selcuk et al., 2018), algunas levaduras nativas indeseables (Zhao et al., 2020), y especies específicas como *A. brasiliensis* (Kim et al., 2017), *A. flavus* (Kim et al., 2014), entre otras. Adicionalmente, el PF también mostró potencial contra las micotoxinas (Adebo et al., 2020; Pankaj y Keener, 2017) y esporas (Kim et al., 2014; Misra et al., 2018; Pankaj et al., 2014), siendo las más resistentes y de difícil eliminación.

El mecanismo del efecto frente a los hongos es que, al tener contacto con las ER del PF que actúan de manera sinérgica (Kaluwahandi et al., 2020), estas inactivan las funciones de la membrana celular, causan cambios morfológicos en su estructura,

umentando la permeabilidad, ocasionando oxidación y fuga del material intracelular, especialmente el ADN, conllevando a la apoptosis de las células fúngicas (Misra et al., 2018; Misra et al., 2019; Pan et al., 2020). Además, según Misra et al. (2018) causan otros daños como la deformación en la punta del micelo y destrucción de diversos componentes celulares como las proteínas (Misra et al., 2018).

La descomposición de las micotoxinas se origina por la interrupción de las funciones celulares de los hongos, lo que ocasiona la degradación estructural (Misra et al., 2018), la ruptura de enlaces y de grupos funcionales (Adebo et al., 2020). Finalmente, las micotoxinas pueden ser eliminadas o degradadas a otros productos menos tóxicos (Misra et al., 2018).

Es preciso destacar que las células fúngicas tienen mayor resistencia que las bacterianas ya que los hongos poseen una pared celular más rígida compuesta de quitina (Liao et al., 2017) frente a la de las bacterias que, aunque está constituida por peptidoglicano, es menos gruesa,

### 3.2. Inactivación de enzimas

Las enzimas endógenas son otro factor de descomposición de los alimentos, pudiendo afectar su calidad por los cambios que genera en sus características sensoriales como olor, color (decoloración) y sabor (enranciamiento), fisicoquímicas como la textura y viscosidad, y nutricionales como ocasionar un desequilibrio en el metabolismo fenólico y catalizar reacciones de peroxidación (Han et al., 2019; Mir et al., 2020; Pankaj et al., 2013; Pasquali et al., 2016; Surowzky et al., 2013). Las más comunes en frutas y hortalizas son la lipasa (LPS) y lipoxigenasa (LOX), causantes del enranciamiento; la polifenol oxidasa (PFO) y peroxidasa (POX) que ocasionan pardeamiento y decoloración (Han et al., 2019; Misra et al., 2016; Pankaj et al., 2013), siendo estas dos últimas, las principales (Surowzky et al., 2013; Thirumdas y Sarangapani, 2015) y, además, la pectin metil esterasa (PME), agente causante del ablandamiento (Pan et al., 2020).

Considerando el impacto negativo en la seguridad alimentaria en general, usualmente se emplean tecnologías térmicas para inactivar las enzimas, como la esterilización, pasteurización y escaldado (Ozen y Singh, 2020; Pankaj et al., 2013), que

al afectar también las características del alimento, el PF se origina para resolver esa problemática, demostrando un enorme potencial como técnica no destructiva de conservación alimentaria (Han et al., 2019; Mir et al., 2020; Misra et al., 2016; Munekata et al., 2020; Pan et al., 2019a; Surowzky et al., 2013; Thirumdas et al., 2017; Thirumdas y Sarangapani, 2015).

El mecanismo de inactivación de enzimas, al ser una proteína, se basa por el efecto que tienen las ER en la estructura primaria, secundaria y terciaria (Figura 3) (Han et al., 2019; Munekata et al., 2020), ocasionando rupturas o modificaciones en sus enlaces, especialmente en los principales (Misra et al., 2016). Inducen cambios químicos en la cadena de aminoácidos como triptófano, cisteína y tirosina (Khani et al., 2017), degradan grupos funcionales de importancia como el carboxilo (-COOH) y amino (-NH<sub>2</sub>) (Misra et al., 2016; Munekata et al., 2020).

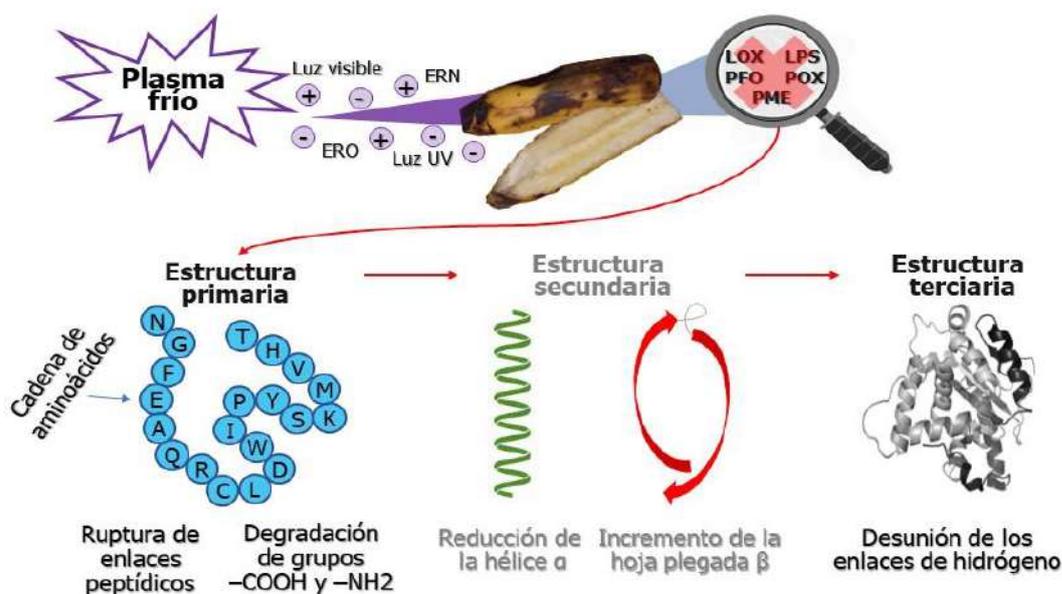


Figura 3. Daño causado en la estructura primaria, secundaria y terciaria de las enzimas endógenas de los alimentos por efecto de la interacción química de las especies reactivas del plasma frío.

Específicamente se ha demostrado que el PF provoca la reducción o pérdida de la estructura secundaria hélice alfa ( $\alpha$ ) y el incremento de la hoja beta ( $\beta$ ) (Khani et al., 2017; Han et al., 2019; Munekata et al., 2020; Surowzky et al., 2013). En la estructura terciaria, Alkawareek et al. (2014) indican que el PF la afecta de distintas maneras,

incluyendo la oxidación de las cadenas laterales de aminoácidos o la interrupción de la unión de los enlaces de hidrógeno.

Además de reducir o inactivar la actividad de las enzimas indeseables, tal y como demostraron Han et al. (2019), el PF puede aumentar la actividad de las enzimas de interés alimentario y para la salud como la  $\alpha$ -amilasa y antioxidantes como la CAT y superóxido dismutasa (SOD).

En la investigación de Khani et al. (2017), emplearon una mezcla de aire y He, y DBD como fuente para generar PF y aplicarlo en la inactivación de la POX del tomate, obteniendo mejores resultados con P: 20 W, V: 10 kV, f: 20 kHz,  $\Phi$ : 3 L/min y t: 4 min., logrando una reducción significativa de la actividad enzimática de 100 % a 3.71%, demostrando eficacia para evitar la degradación de la calidad de los alimentos. Pankaj et al. (2013) se enfocaron en el mismo alimento y enzima con V: 30, 40 y 50 kV y t: 1-5 min, concluyendo que la actividad de la POX disminuía a a medida que pasaba el tiempo de tratamiento y aumentaba el voltaje, es decir, existía una relación inversamente proporcional, siendo un factor de suma importancia a tener en cuenta para posteriores experimentaciones.

Particularmente, en los resultados de Ji et al. (2020) aplicando PF en arándanos en condiciones de almacenamiento, a partir de aire y DBD con V: 2 kV, f: 5 Hz, HR: 65%, t: 60 s y t almacenamiento: 0-40 días, se notó que la actividad de las enzimas POX y SOD fue menor en los primeros 20 días con respecto a la muestra control, pero posteriormente, aumentó. En el caso de la CAT, su actividad se mantuvo por encima de la muestra control, teniendo enormes diferencias a partir del día 30, cuando la actividad en la muestra control, eran mínimas. Estos datos obtenidos demuestran que debe de haber una evaluación más exhaustiva sobre el efecto del PF en las enzimas endógenas alimentarias al igual que su mecanismo, para poder tener un mayor entendimiento sobre las interacciones químicas y lograr formular un modelo matemático que pueda predecir los resultados.

Asimismo, Surowzky et al. (2013) determinaron en su estudio que el PF generado por CP con una mezcla de Ar y 0.1% de O<sub>2</sub>, V: 65 V, f: 1.1 MHz,  $\Phi$ : 5 L/min y t: 0-360 s, es capaz de reducir la actividad enzimática de PFO y POX en un sistema alimentario modelo. La reducción fue de 90% después de 180 s, y de 85%, a los 240 s,

para el PFO y POX, respectivamente. Se concluyó que el efecto se basaba en la modificación de la estructura secundaria de la enzima, ocasionando la disminución de la hélice  $\alpha$  y el aumento de la región de la hoja  $\beta$ .

#### 4. Plasma Frío en el procesamiento de los alimentos

El PF además de emplearse como tecnología de conservación de los alimentos, tiene potencial en otras operaciones en el procesamiento alimentario (Figura 4) (Bao et al., 2020a; Bourke et al., 2018; Feizollahi et al., 2020; Han et al., 2019; Hati et al., 2018; Pan et al., 2019b; Surowzky et al., 2013), como en la descontaminación de superficies inertes (Hati et al., 2018), biomateriales (Gavahian et al., 2018; Pankaj et al., 2013) y equipo de procesamiento (Mostafidi et al., 2020; Surowzky et al., 2014), degradación de plaguicidas (Bourke et al., 2017; Gavahian et al., 2020; Mir et al., 2020; Pan et al., 2019b; Phan et al., 2017), alérgenos (Gavahian et al., 2020; Mohamed et al., 2016; Sarangapani et al., 2018), reducción y/o eliminación de componentes antinutricionales y otros compuestos tóxicos (Pankaj y Keener, 2017), modificación de la humectabilidad de la superficie (Grzegorzewski et al., 2010), modificación fisicoquímica del almidón (Chizoba et al., 2017; Gavahian et al., 2018; Mostafidi et al., 2020; Sarangapani et al., 2018; Sonawane et al., 2020; Thirumdas et al., 2017), modificación del material de envasado (Oh et al., 2016; Pankaj et al., 2014; Sonawane et al., 2020), hidrogenación de aceites vegetales para generar aceites libres de trans (Mohamed et al., 2016), germinación de semillas como alimentos funcionales (Charoux et al., 2020; Hati et al., 2018; Thirumdas et al., 2017) e incluso en el tratamiento de aguas residuales (Chizoba et al., 2017; Jiang et al., 2016; Hati et al., 2018; Mohamed et al., 2016).

##### 4.1. Impacto en la calidad alimentaria

Con el pasar del tiempo, es mayor el interés por la búsqueda de tecnologías innovadoras de procesamiento alimentario que además de que ayuden a obtener alimentos seguros, estos mantengan su calidad (Mir et al., 2020; Misra et al., 2011). El PF, al emplearse en bajas temperaturas, se evitan efectos térmicos indeseables, manteniendo íntegramente las características de los productos (Alves et al., 2020; Almeida et al., 2017; Charoux et al., 2020; Cheng et al., 2020; Feizollahi et al., 2020; Grzegorzewski et al., 2010; Ji et al., 2020; Liao et al., 2020; Misra et al., 2015; Pan et al.,

2019b; Sarangapani et al., 2018; Scholtz et al., 2015; Thirumdas y Sarangapani, 2015), minimizando los daños especialmente para los compuestos termosensibles (Alves et al., 2020; Coutinho et al., 2018; Mir et al., 2020; Misra et al., 2018; Niemira, 2012; Pérez-Andrés et al., 2019; Phan et al., 2017; Scholtz et al., 2015; Sonawane et al., 2020). Adicionalmente, ofrece la ventaja de influir positivamente en las características alimentarias (Tabla 2).



Figura 4. Potenciales aplicaciones del PF en la industria alimentaria.

Nota: El proceso de germinación de semillas fue incluido ya que la producción de germinados, un alimento rico en compuestos bioactivos, está teniendo cada vez más auge.

Aunque el efecto en los atributos sensoriales de los alimentos sea mínimo (Mandal et al., 2018; Pan et al., 2019a), dichas características pueden verse afectadas dependiendo del efecto que tenga el PF con los componentes de la matriz alimentaria, como el pH, proteínas, vitaminas, antocianinas, etc. (Pan et al., 2019a).

Tabla 2. Estudios sobre el efecto del PF en los alimentos y/o compuestos alimentarios.

Matriz alimentaria	Gas de alimentación	Fuente de plasma	Mejores parámetros del proceso	Principales hallazgos	Referencias
Arroz	Aire	DBD	V:20 kV, HR: 56%, t: 15 min	Mejora de la hidrofiliidad, energía superficial, tiempo de cocción, dureza y de la biodisponibilidad del hierro. Reducción de la dureza, de la humedad (14.13% a 13.07%) y de la amilosa (25.33% a 19.52%). Aumento de proteínas (5.50% a 5.87%)	Akasapu et al. (2020)
Jugo de naranja prebiótico	Aire	DBD	V: 70 kV, f: 50 Hz, t: 60 s	Degradación de fructooligosacáridos no significativa. Mínima diferencia en el valor L* (0.16), < 3% en el cromático (0.75) y < 2% en el tonal (1.74), lo cual no compromete en la aceptación del consumidor. Aumento del contenido de ácido ascórbico (de 35.10 ± 0.35 mg/100 mL a 41.11 ± 0.33 mg/100 mL con exposición directa y 49.21 ± 0.88 mg/100 mL de forma indirecta) y cítrico (> 29% con exposición directa y >34 % con exposición indirecta, aproximadamente.	Almeida et al. (2017)
Orujo de tomate	Aire, Ar, He y N <sub>2</sub>	DBD	V: 60 kV, f: 60 Hz, t: 15 min	Disminución del ángulo de contacto con el agua, acelerando el secado. Incremento de la capacidad antioxidante, especialmente empleando N <sub>2</sub> (30%). Aumento del rendimiento de extracción de compuestos fenólicos en un 10% (con He, N <sub>2</sub> ).	Bao et al. (2020a)
Orujo de uva	Aire	DBD	V: 60 kV, f: 60 Hz, t: 15 min	Reducción del ángulo de contacto con el agua. Aumento de hasta 22.8% en el rendimiento de extracción de fenoles (principalmente antocianinas) y de la capacidad antioxidante hasta 34.7%.	Bao et al. (2020b)
Lechuga de cordero	O <sub>2</sub>	RF	P: 75 y 150 W, t: 120 s	Aumento significativo del ácido protocatecuico (>50%), luteolina (>100%) y disometina (>150%). Incremento de la humectabilidad.	Grzegorzewski et al. (2010)

Arándanos	Aire	DBD	V: 12 kV, f: 5 Hz, t: 60 s	Reducción de firmeza. Incremento de compuestos fenólicos totales (45%) y antocianinas (51%) en el día 20 de almacenamiento.	Ji et al. (2020)
Harina de trigo duro y blando	Aire	DBD	V: 70 kV, t: 10 min	Incremento de la viscosidad y módulo de elasticidad de la harina de trigo duro. Mejora en la fuerza de la masa y en el tiempo de mezcla; disminución de la hoja beta, aumento de la hélice $\alpha$ y los giros B, en ambas harinas.	Misra et al. (2015)
Proteínas (hemoglobina, gelatina de cerdo y proteína de pulmón de bovino)	Aire	DBD	V: 80 kV <sub>RMS</sub> , t: 15 min	Mejoras significativas en las propiedades funcionales, reológicas y gelificantes, como solubilidad, capacidad emulsionante, capacidad de retención de agua y aceite e hidrofobicidad superficial.	Pérez-Andrés et al. (2019)
Rábano fermentado (paocai)	Aire	DBD	V: 60 kV, f: 50 Hz, HR: 45%, t: 60 s	Mayor consumo de azúcar reductor, aumentando en 72.34% el contenido de ácido y, por consiguiente, una reducción del pH (3.98) después de 7 días. Reducción de 48.54% de nitritos, 22.22% a comparación de la pasteurización y de igual manera en la mejora e incremento de la firmeza y el valor b* en 12.53% y 26.26%, respectivamente, influenciando en una reducción del ablandamiento y oscurecimiento.	Zhao et al. (2020)

Nota: L\* (luminosidad), a\* (eje rojo-verde), b\* (eje azul-amarillo) = parámetros del espacio de color CIELAB o L\*a\*b\*, empleado como modelo cromático para describir los colores percibidos por el ojo humano.

Su efecto ha sido demostrado satisfactoriamente en la mejora de las cualidades organolépticas (Hati et al., 2018) y de la funcionalidad del alimento debido al incremento de muchos componentes (Bao et al., 2020a; Bourke et al., 2018; Chizoba et al., 2017; Pérez-Andrés et al., 2019; Sarangapani et al., 2018; Sonawane et al., 2020) como los carbohidratos, proteínas, aminoácidos (Alves et al., 2020), vitaminas como el ácido ascórbico (Almeida et al., 2017), pigmentos como antocianinas (Pérez-Andrés et al., 2019), antioxidantes (Ji et al., 2020) como los compuestos fenólicos (Thirumdas et al., 2016), otros compuestos volátiles (Bourke et al., 2018; Pankaj y Keener, 2017), etc., además, teniendo como objetivo, aumentar su rendimiento (Bao et al., 2020b) y biodisponibilidad (Akasapu et al., 2020; Bao et al., 2020a). Específicamente, con base en Mandal et al. (2018), se ha evidenciado que el PF tiene la capacidad de preservar compuestos bioactivos de interés alimentario y farmacológico, con resultados efectivos en el ácido ascórbico, glutatión,  $\alpha$ -tocoferol,  $\beta$ -caroteno y flavonoides, logrando conservar especialmente la actividad antioxidante del alimento.

El ablandamiento es un problema común relacionado a la textura del alimento, repercutiendo en su calidad (Pan et al., 2020) y por ello, el PF se plantea como alternativa para mejorar las propiedades texturales, comprobándose su eficacia en legumbres, cereales (Thirumdas et al., 2016), otros granos y también en masa de pan (Hati et al., 2018). El almidón, uno de los ingredientes y compuestos alimentarios más importantes, tiene influencia directa en la textura de los productos y por eso, debe asegurarse su correcta funcionalidad y vida útil, especialmente del nativo el cual es más susceptible a causa de diversas limitaciones como su insolubilidad en frío, el tener una rápida retrogradación (Thirumdas et al., 2017), además de pérdida de viscosidad y de espesamiento al finalizar el proceso de cocción. Thirumdas y Sarangapani (2015) afirman que el PF puede aplicarse como aditivo para solucionar las deficiencias del almidón nativo, produciéndole cambios deseables. De acuerdo con Mandal et al. (2018) eso se debe al efecto de las ER del PF y que, según Thirumdas et al. (2017), afectan su estructura químicamente mediante el aumento de energía, integración de grupos funcionales, despolimerización e incluso actúan como agentes reticulantes, repercutiendo en mejoras en el poder de hinchamiento, solubilidad, absorción de agua, características de pegado y especialmente, la resistencia en condiciones adversas.

Al igual que en el almidón, Pérez-Andrés et al. (2019) señalan que el PF tiene un efecto similar en las proteínas, ya que a partir de las modificaciones que ocasiona en su estructura, se producen cambios positivos y significativos en sus propiedades funcionales, gelificantes y reológicas. Asimismo, se concluyó que el impacto dependía de la naturaleza nativa de la proteína.

De la misma forma, ha sido aplicado en subproductos agroindustriales, como los resultantes del procesamiento del tomate (Bao et al., 2020a) y la uva (Bao et al., 2020b), dándoles un valor agregado a los usualmente considerados como residuos y también reducir la contaminación ambiental que representan debido a su descomposición.

Al probarse experimentalmente el potencial del PF en la calidad alimentaria, es conveniente perfeccionar la técnica individual para poder desarrollar una combinada con otras tecnologías para obtener resultados más óptimos.

#### 4.2. Envases de alimentos y biopolímeros de recubrimiento

Los materiales de envasado son muy empleados en la industria alimentaria. Los más usados para productos frescos perecederos son el ácido poliláctico (PLA), el tereftalato de polietileno (PET) de baja y alta densidad, el polipropileno (PP), el polietileno (PE) y vidrio (Feizollahi et al., 2020; Pan et al., 2019a). Estos se emplean para mantener la calidad del producto al protegerlo de la contaminación u otro tipo de daño exterior durante su manipulación, transporte y almacenamiento y por ello, si no se encuentran en condiciones óptimas microbiológicamente, pueden contaminarse y de igual manera los alimentos, ocasionando pérdidas económicas y daños en la salud (Misra et al., 2011; Pankaj et al., 2014; Thirumdas y Sarangapani, 2015).

Con el objetivo de descontaminar los envases alimentarios, sin afectar a los productos, se propone al PF como técnica alentadora para sustituir las tecnologías y tratamientos convencionales (Chizoba et al., 2017; Kaluwahandi et al., 2020; Mandal et al., 2018; Misra et al., 2011; Munekata et al., 2020; Pankaj et al., 2014; Pankaj y Keener, 2017; Sonawane et al., 2020), especialmente para el material de embalaje sensible a altas temperaturas (Bourke et al., 2018; Mandal et al., 2018; Oh et al., 2016;) como el PET y el policarbonato (Thirumdas y Sarangapani et al., 2015), siendo económico, atóxico, sin causar efectos secundarios en el envase ni en el alimento y sin dejar residuos (Hati et

al., 2018; Pan et al., 2019a; Pankaj et al., 2014; Pankaj y Thomas, 2016; Scholtz et al., 2015; Thirumdas y Sarangapani, 2015). Incluso, según Pankaj y Thomas (2016), el PF es tan efectivo al igual que una correcta esterilización, ya que evita la recontaminación posterior al tratamiento.

También ofrece la capacidad de modificar las cualidades del empaque o integrar nuevas funcionalidades específicas de interés (Kaluwahandi et al., 2020; Mandal et al., 2018; Oh et al., 2016; Pan et al., 2019a; Pan et al., 2019b; Pankaj y Thomas, 2016; Sarangapani et al., 2018; Thirumdas y Sarangapani, 2015), como, por ejemplo, en el aumento de la energía superficial, mejorando la humectabilidad e hidrofobicidad (Scholtz et al., 2015), también para mejorar la imprimibilidad, adhesión o antiadhesión, la resistencia a fallos mecánicos (Pankaj et al., 2014), las características de barrera y sellado, reduciendo la penetración de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y vapor de agua (Pan et al., 2019a; Pankaj et al., 2014), y contaminantes no deseables, (Hati et al., 2018). Asimismo, además de los envases comunes, el PF muestra potencial de aplicación en materiales de empaque activos e inteligentes (Pankaj et al., 2014), en películas y recubrimientos comestibles (Mandal et al., 2018; Pankaj y Thomas, 2016; Thirumdas y Sarangapani, 2015).

Las ER del PF encargadas de los cambios en el envase (Munekata et al., 2020), intervienen en la generación de grupos polares o reticulación de las moléculas y por ello se da la activación de la superficie (Pan et al., 2019a). Además, Hati et al. (2018) plantean que otro mecanismo de acción de las especies es por su efecto en la sustracción o adición de grupos funcionales de la composición del empaque, logrando influir de forma directa en las propiedades antimicrobianas y mecánicas como la absorción, sellado y adhesión.

Uno de los estudios que demostró el gran potencial del PF es, por ejemplo, el de Oh et al. (2016) sobre su efecto en las características físicas de la harina de soja desgrasada (y glicerol en proporción 10:3) empleada como película en el envasado de salmón ahumado, usando diversos gases como O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He, Ar y aire, con una potencia de 400 W, por 15 min. En los mejores resultados se logró el aumento de la resistencia a la tracción (6.8%), elongación (13.4%) y la propiedad de barrera (24.4%). Además, se comprobó que, con la adición de la película, la oxidación lipídica era más lenta y en el salmón, su dureza duraba por más tiempo.

### 4.3. Tratamiento de aguas residuales

En la industria de los alimentos, el agua es de vital importancia al emplearse en gran volumen para el procesamiento de los alimentos, para los procesos térmicos, la limpieza y lavado de las zonas y equipos, etc. A causa de su enorme consumo, de igual manera se generan las aguas residuales, las cuales están compuestas de materia orgánica en gran proporción como carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y minerales (Chizoba et al., 2017; Hati et al., 2018; Jiang et al., 2016; Patange et al., 2018) y que, si no son tratadas, pueden representar un riesgo microbiológico (Hati et al., 2018; Sarangapani et al., 2018), afectando el ambiente y, por consiguiente, la salud de los seres vivos.

A causa de la composición de los efluentes, se requiere de tecnologías complejas para su tratamiento (Chizoba et al., 2017; Sarangapani et al., 2018), siendo las más utilizadas el procesamiento aeróbico y anaeróbico, la electroquímica, ultrafiltración, cloración, radiación, osmosis inversas, entre otras (Jiang et al., 2016; Patange et al., 2018). Estas, además de ser costosas y requerir altos niveles de energía, no logran una completa purificación.

El PF emerge como opción tecnológica viable y efectiva para el tratamiento de contaminantes acuosos (Sarangapani et al., 2018) que ya ha sido probada en efluentes del procesamiento de tomates, remolachas, palmas datileras y moras, en los que, en la investigación de Mohamed et al. (2016), empleando Ar con un flujo de 4.5 L/min y por 90 s, se logró la descontaminación de *Escherichia coli*, *Shigella boydii*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Campylobacter jejuni*, obteniendo mejores resultados en la reducción desde 7 log<sub>10</sub> UFC/ml a 1.4 log<sub>10</sub> UFC/ml para *E. coli*, y el más bajo a 3.34 log<sub>10</sub> UFC/ml para *S. boydii*. De igual forma se evaluó la reducción de endotoxinas, logrando en 180 s, el 90.22% en las aguas residuales del procesamiento de la palma datilera, 75.84% en las del tomate, 69.83% en las de la remolacha y 54.84% en las de la mora. También se analizó las características físicas y químicas empleando Ar + 0.2% de O<sub>2</sub>, obteniendo reducciones significativas del pH, sólidos suspendidos totales, proteínas y azúcares totales, carbono orgánico total y demanda química de oxígeno.

Igualmente, en efluentes de productos lácteos y cárnicos, Patange et al. (2018) demostraron en que el tratamiento con PF dependientemente del tiempo, lograba una reducción significativa de patógenos comunes como *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Clostridium perfringens* y *Bacillus megaterium* y también, se obtuvo una alta disminución (>2 ciclos logarítmicos) de las endosporas de *B. megaterium*. Asimismo, evaluando el impacto ecotoxicológico después de 24 h, las muestras tratadas tenían menor efecto negativo en los modelos acuáticos (células de peces RTG-2 y PLHC-1 y crustáceo *Daphnia magna*), pero aún así, se mostró sensibilidad, siendo mayor en las células en efluentes cárnicos. Según este último resultado, es recomendable analizar la toxicidad del PF en otros organismos acuáticos de interés.

Para tener un breve entendimiento del mecanismo de acción de las ER del PF en la descontaminación de las aguas residuales procedentes del procesamiento alimentario, según la información de Chizoba et al. (2017), enfocándose en las ERO, su bombardeo genera producto de la interacción de los radicales OH y la energía de la radiación UV en conjunto, un daño térmico y químico de alta intensidad a los agentes contaminantes.

Con respecto a la precosecha y cosecha de la materia prima, se da en gran cantidad el uso de plaguicidas sintéticos que permanecen sin degradarse, hasta en las aguas residuales. Jiang et al. (2016) mencionan que los compuestos fenólicos son comúnmente empleados en la producción de los plaguicidas y por consecuente, se suelen encontrar en los efluentes. En su estudio indicaron de manera resumida que, gracias a las reacciones oxidantes de los radicales OH del PF que atacan electrofísicamente a los fenoles, causando su degradación por hidroxilación.

## 5. Desafíos y tendencias futuras

Aunque el potencial del PF ha tenido excelentes resultados y muy prometedores en el campo alimentario, aún tiene pocos años de estudio y aplicación, por lo cual es usual que se presenten ciertos inconvenientes como, por ejemplo, Gavahian et al. (2018); Liao et al. (2020) sostienen que una exposición larga del PF podría inducir a la peroxidación lipídica de los alimentos con un alto porcentaje de grasas, lo cual afectaría

gravemente su calidad. De igual manera, según la investigación de Hati et al. (2018), se han mostrado

Hay pocos estudios relacionados a la aplicación del PF en la reducción o eliminación de parásitos, los cuales, al igual que los demás microbios, son agentes que pueden infectar al alimento y causar ETAs. Considerando la eficiencia del PF como descontaminante, es conveniente realizar experimentaciones para probar su efecto en los parásitos y disminuir el impacto que ocasionan a la seguridad alimentaria.

Se ha demostrado su efecto del PF en la inactivación de enzimas indeseables, pero también en diversos estudios se comprobó que influía en el aumento de la actividad de ciertas enzimas deseables (en la mayoría de casos), lo cual significa un gran reto para la industria el realizar más investigaciones para tener mayor comprensión del proceso y poder adecuar el potencial de la técnica para que solamente inhiba a las que causan daño en los alimentos y a la vez, potencie las enzimas deseables.

Lo más importante y preocupante es que el PF al ser una tecnología compleja, al interactuar con la matriz alimentaria directa o indirectamente (a través del empaque), puede ocasionar diversas reacciones químicas que afecten negativamente en la composición, pudiendo ocasionar alteraciones indeseables y hasta destruir los compuestos benéficos. Por ejemplo, según la investigación de Hati et al. (2018), se han observado casos de ablandamiento y pardeamiento en algunas frutas. Para comprender mejor la tecnología del PF, es fundamental analizar las especies reactivas generadas, sus mecanismos de acción precisos y los distintos resultados obtenidos en sus aplicaciones. Además, Pan et al. (2019b) sugieren que posterior a la aplicación, se evalúe la posible creación de subproductos tóxicos.

## Conclusiones

En los últimos años ha incrementado el tratamiento de los alimentos con PF, obteniendo óptimos resultados, convirtiéndolo en una tecnología no destructiva idónea que aún tiene mucho potencial por explotar. Según la información recopilada, hay muchas fuentes para generar PF y que combinado al tipo de gas usado y los distintos parámetros de operación, se obtienen las características únicas de sus ER, responsables de la actividad antimicrobiana contra principales patógenos como *E. coli*, *L.*

*monocytogenes* y *Salmonella spp*, de su actividad inhibidora de enzimas indeseables como LPS, PFO y POX, de su capacidad para mantener y hasta potenciar la calidad del alimento, causando efecto directo o también de forma indirecta, en su empaque. Asimismo, se comprobó que sus propiedades pueden ser aprovechadas en el tratamiento de los efluentes acuosos, un problema que afecta a todas las industrias. En términos generales, se destaca la capacidad del PF en el procesamiento alimentario, sin embargo, es conveniente realizar más estudios para ampliar el conocimiento sobre todo lo relacionado a su aplicación en la industria.

## Referencias

- Adebo, O., Molelekoa, T., Makhuvele, R., Adebisi, J., Oyedeji, A., Gbashi, S., Adefisoye, M., Ogundele, O. & Njobeh, B. (2020). A review on novel non-thermal food processing techniques for mycotoxin reduction. *International Journal of Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14734>
- Akasapu, K., Ojah, N., Kumar, A., Jyoti, A. & Mishra, P. (2020). An innovative approach for iron fortification of rice using cold plasma. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109599>
- Alkawareek, M.Y., Gorman, S.P., Graham, W.G. & Gilmore, B.F. (2014). Potential cellular targets and antibacterial efficacy of atmospheric pressure non-thermal plasma. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 43(2), 154-160
- Almeida, F.D.L., Gomes, W.F., Cavalcante, R.S., Tiwari, B.K., Cullen, P.J., Frias, J.M., Bourke, P., Fernandes, F.A.N. & Rodrigues, S. (2017). Fructooligosaccharides integrity after atmospheric cold plasma and highpressure processing of a functional orange juice. *Food Research International*, 102, 282-290
- Alves, E., Brito, E. & Rodrigues, S. (2020). Effects of cold plasma processing in food components. In: D. Bermúdez-Aguirre (Ed.), *Advances in Cold Plasma Applications for Food Safety and Preservation* (253-268). Massachusetts: Academic Press
- Annapure, U.S. (2018). Application of Cold Plasma in Food Processing. In: Sharma, HK y Panesar, PS. (Ed.), *Technologies in Food Processing* (25-46). Massachusetts: Academic Press
- Baggio, A., Marino, M., Innocente, N., Celotto, M. & Maifreni, M. (2020). Antimicrobial effect of oxidative technologies in food processing: an overview. *European Food Research and Technology*, 246, 669-692
- Baier, M., Gorgen, M., Ehlbeck, J., Knorr, D., Herppich, W. & Schlüter, O. (2014). Non-thermal atmospheric pressure plasma: Screening for gentle process conditions and

antibacterial efficiency on perishable fresh produce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 22, 147-157

Bao, Y., Reddivari, L. & Huang, J.Y. (2020a). Development of cold plasma pretreatment for improving phenolics extractability from tomato pomace. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 65, 102445

Bao, Y., Reddivari, L. & Huang, J.Y. (2020b). Enhancement of phenolic compounds extraction from grape pomace by high voltage atmospheric cold plasma. *LWT – Food Science and Technology*, 133, 109970

Bermúdez-Aguirre, D., Wemlinger, D., Pedrow, P., Barbosa-Cánovas, G. & Garcia-Perez, M. (2013). Effect of atmospheric pressure cold plasma (APCP) on the inactivation of *Escherichia coli* in fresh produce. *Food Control*, 34(1), 149-157

Bourke, P., Ziuzina, D., Boehm, D., Cullen, P.J. & Keener, K. (2018). The Potential of Cold Plasma for Safe and Sustainable Food Production. *Trends in Biotechnology*, 36(6), 615-626

Bourke, P., Ziuzina, D., Han, L., Cullen, P.J. & Gilmore, B.F. (2017). Microbiological Interactions with Cold Plasma. *Journal of Applied Microbiology*, 123(2), 308-324

Charoux, C.M.G., Patange, A., Lamba, S., O'Donnell, C.P., Tiwari, B.K. & Scannell, A.G.M. (2020). Applications of nonthermal plasma technology on safety and quality of dried food ingredients. *Journal of Applied Microbiology*. <https://doi.org/10.1111/jam.14823>

Chen, Y.Q., Cheng, J.H. & Sun, D.W. (2019). Chemical, physical and physiological quality attributes of fruit and vegetables induced by cold plasma treatment: Mechanisms and application advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60 (16), 2676-2690

Cheng, J.H., Xiaoye, L.V., Yuanyuan, P. & Sun, D.W. (2020). Foodborne bacterial stress responses to exogenous reactive oxygen species (ROS) induced by cold plasma treatments. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 239-247

Chizoba, F.G., Sun, D.W. & Cheng, J.H. (2017). A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: Current applications and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 69(A), 46-58

Coutinho, N.M., Silveira, M.R., Rocha, R.S., Moraes, J., Ferreira, M.V.S., Pimentel, T.C., Freitas, M.Q., Silva, M.C., Raices, R.S.L., Ranadheera, C.S., Borges, F.O., Mathias, S.P., Fernandes, F.A.N., Rodrigues, S. & Cruz, A.G. (2018). Cold plasma processing of milk and dairy products. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 56-68

Feizollahi, E., Misra, N.N. & Roopesh, M.S. (2020). Factors influencing antimicrobial efficacy of Dielectric Barrier Discharge (DBD) Atmospheric Cold Plasma (ACP) in food

processing applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1743967>

Fellows, P.J. (2016). *Food Processing Technology: Principles and Practice*. United Kingdom: Woodhead Publishing

Fridman, A. (2008). *Plasma chemistry*. New York: Cambridge University Press

Gavahian, M. & Khaneghah, A.M. (2020). Cold plasma as a tool for the elimination of food contaminants: Recent advances and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), 1581-1592

Gavahian, M., Chu, Y.H., Khaneghah, A.M., Barba, F.J. & Misra, N.N. (2018). A critical analysis of the cold plasma induced lipid oxidation in foods. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 32-41

Grzegorzewski, F., Rohn, S., Kroh, L.W., Geyer, M. & Schlüter, O. (2010). Surface morphology and chemical composition of lamb's lettuce (*Valerianella locusta*) after exposure to a low -pressure oxygen plasma. *Food Chemistry*, 122(4), 1145 -1152

Han, Y., Cheng, J.H. & Sun, DW. (2019). Activities and conformation changes of food enzymes induced by cold plasma: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(5), 794-811

Hati, S., Patel, M. & Yadav, D. (2018). Food bioprocessing by nonthermal plasma technology. *Current Opinion in Food Science*, 19, 85-91

Ji, Y., Hu, W., Liao, J., Jiang, A., Xiu, Z., Gaowa, S., Guan, Y., Yang, X., Feng, K. & Liu, C. (2020). Effect of atmospheric cold plasma treatment on antioxidant activities and reactive oxygen species production in postharvest blueberries during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10611>

Jiang, B., Zheng, J. & Wu, M. (2016). Nonthermal Plasma for Effluent and Waste Treatment. In: Misra NN, Schlüter, O. y Cullen PJ. (Ed.), *Cold Plasma in Food and Agriculture* (309-342). Massachusetts: Academic Press

Kaluwahandi, N., Wei, L. & Muthukumarappan, K. (2020). Opportunities and Challenges of Cold Plasma in Food Processing. *American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) Annual International Virtual Meeting 2000969*.  
<https://doi.org/10.13031/aim.202000969>

Khani, M.R., Shokri, B. & Khajeh, K. (2017). Studying the Performance of Dielectric Barrier Discharge and Gliding Arc Plasma Reactors in Tomato Peroxidase Inactivation. *Journal of Food Engineering*, 197, 107-112

Kim, J.E., Lee, D.U. & Min, S.C. (2014). Microbial decontamination of red pepper powder by cold plasma. *Food Microbiology*, 38, 128-136

Kim, J.E., Oh, Y.J., Won, M.Y. & Min, S.C. (2017). Microbial decontamination of onion powder using microwave-powered cold plasma treatments. *Food Microbiology*, 62, 112-123

Lacombe, A., Niemira, B.A., Gurtler, J.B., Fan, X., Sites, J., Boyd, G. & Chen, H. (2015). Atmospheric Cold Plasma Inactivation of Aerobic Microorganisms on Blueberries and Effects on Quality Attributes. *Food Microbiology*, 46, 479-484

Li, N., Yu, J.J., Jin, N., Chen, Y., Li, S.H. & Chen, Y. (2020). Modification of the physicochemical and structural characteristics of zein suspension by dielectric barrier discharge cold plasma treatment. *Journal of Food Science*, 84(8), 2452-2460

Liao, X., Cullen, P.J., Muhammad, A.D., Jiang, Z., Ye, X., Liu, D. & Ding, T. (2020). Cold Plasma-Based Hurdle Interventions: New Strategies for Improving Food Safety. *Food Engineering Reviews*, 12, 321-332

Liao, X., Liu, D., Xiang, Q., Ahn, J., Chen, S., Ye, X., & Ding, T. (2017). Inactivation mechanisms of non-thermal plasma on microbes: A review. *Food Control*, 75, 83-91.

Lieberman, M. & Lichtenberg, A. (2005). *Principles of plasma discharges and materials processing*. Hoboken: John Wiley & Sons

Lunov, O., Churpita, O., Zablotskii, V., Deyneka, I.G., Meshkovskii, I.K., Jäger, A., Syková, E., Kubinová, S. & Dejneka, A. (2015). Non-thermal plasma mills bacteria: scanning electron microscopy observations. *Applied Physics Letters*, 106(5), 053703

Mandal, R., Singh, A. & Singh, A.P. (2018). Recent developments in cold plasma decontamination technology in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 93-103

Mir, S.A., Siddiqui, M.W., Dar, B.N., Shah, M.A., Wani, M.H., Roohinejad, S., Annor, G.A., Mallikarjunan, K., Chin, C.F. & Ali, A. (2020). Promising applications of cold plasma for microbial safety, chemical decontamination and quality enhancement in fruits. *Journal of Applied Microbiology*, 129(3), 474-485

Misra, N.N., Kaur, S., Tiwari, B., Kaur, A., Singh, N. & Cullen, P.J. (2015). Atmospheric pressure cold plasma (ACP) treatment of wheat flour. *Food Hydrocolloids*, 44, 115-121

Misra, N.N., Pankaj, S.K., Segat, A. & Ishikawa, K. (2016). Cold plasma interactions with enzymes in foods and model systems. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 39-47

Misra, N.N., Patil, S., Moiseev, T., Bourke, P., Mosnier, J.P., Keener, K.M. & Cullen, P.J. (2014). In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries. *Journal of Food Engineering*, 125, 131-138

Misra, N.N., Tiwari, B.K., Raghavarao, K.S.M.S. & Cullen, P.J. (2011). Nonthermal plasma inactivation of food-borne pathogens. *Food Engineering Reviews*, 3, 159-170

Misra, N.N., Yadav, B., Roopesh, M.S. & Jo, C. (2018). Cold Plasma for Effective Fungal and Mycotoxin Control in Foods: Mechanisms, Inactivation Effects, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 106-120

Misra, N.N., Yopez, X. & Keener, K. (2019). In-package cold plasma technologies. *Journal of Food Engineering*, 244, 21-31

Mohamed, A.A., Al Shariff, S.M., Ouf, S.A., & Benghanem, M. (2016). Atmospheric pressure plasma jet for bacterial decontamination and property improvement of fruit and vegetable processing wastewater. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 49(19), 195401

Mostafidi, M., Reza, M., Shirkhan, S. & Zahedi, M.T. (2020). A review of recent trends in the development of the microbial safety of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 321-332

Munekata, P.E.S., Domínguez, R., Peteiro, M. & Lorenzo, J.M. (2020). Influence of Plasma Treatment on the Polyphenols of Food Products—A Review. *Foods*, 9(7), 929

Niemira, B.A. (2012). Cold Plasma Decontamination of Foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 125-142

Niemira, B.A. (2014). Decontamination of Foods by Cold Plasma. In: DW Sun (Ed.), *Emerging Technologies for Food Processing* (323-333). Massachusetts: Academic Press

Niemira, B.A. & Sites, J. (2008). Cold plasma inactivates *Salmonella* Stanley and *Escherichia coli* O157:H7 inoculated on golden delicious apples. *Journal of Food protection*, 71(7), 1357-1365

Oh Y.A., Roh S.H. & Min, S.C. (2016). Cold plasma treatments for improvement of the applicability of defatted soybean meal-based edible film in food packaging. *Food Hydrocolloids*, 58, 150-159

Ozen, E. & Singh, R.K. (2020). Atmospheric cold plasma treatment of fruit juices: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 144-151

Pan, Y., Cheng, J.H. & Sun, D.W. (2019a). Cold Plasma-Mediated Treatments for Shelf Life Extension of Fresh Produce: A Review of Recent Research Developments. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1312-1326

Pan, Y., Zhang, Y., Cheng, J.H. & Sun, D.W. (2019b). Inactivation of *Listeria Monocytogenes* at various growth temperatures by ultrasound pretreatment and cold plasma. *LWT - Food Science and Technology*, 118, 108635

Pan, Y.W., Cheng, J.H. & Sun, D.W. (2020). Inhibition of fruit softening by cold plasma treatments: affecting factors and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1776210>

Pankaj S.K & Thomas, S. (2016). Cold Plasma Applications in Food Packaging. In: Misra NN, Schlüter, O. y Cullen PJ. (Ed.), *Cold Plasma in Food and Agriculture* (293-307). Massachusetts: Academic Press

Pankaj, S.K. & Keener, K.M. (2017). Cold plasma: background, applications and current trends. *Current Opinion in Food Science*, 16, 49-52

Pankaj, S.K., Bueno-Ferrer, C., Misra, N.N., Milosavljevic, V., O'Donnel, C.P., Bourke, P., Keener, K.M. & Cullen, P.J. (2014). Applications of cold plasma technology in food packaging. *Trends In Food Science & Technology*, 35, 5-17

Pankaj, S.K., Misra, N.N. & Cullen, P.J. (2013). Kinetics of tomato peroxidase inactivation by atmospheric pressure cold plasma based on dielectric barrier discharge. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 19, 153-157

Pankaj, S.K., Wan, Z. & Keener, K.M. (2018). Effects of Cold Plasma on Food Quality: A Review. *Foods*, 7(1), 4

Pasquali, F., Stratakos, A.C., Koidis, A., Berardinelli, A., Cevoli, C., Ragni, L., Mancusi, R., Manfreda, G. & Trevisani, M. (2016). Atmospheric cold plasma process for vegetable leaf decontamination: A feasibility study on radicchio (red chicory, *Cichorium intybus* L.). *Food Control*, 60, 552-559

Patange, A., Boehm, D., Giltrap, M., Lu, P., Cullen, P.J. & Bourke, P. (2018). Assessment of the disinfection capacity and eco-toxicological impact of atmospheric cold plasma for treatment of food industry effluents. *Science of the Total Environment*, 631-632, 298-307

Patil, S., Bourke, P. & Cullen P.J. (2016). Principles of Nonthermal Plasma Decontamination. In: Misra NN, Schlüter, O. y Cullen PJ. (Ed.), *Cold Plasma in Food and Agriculture* (143-177). Massachusetts: Academic Press

Pérez-Andrés, J.M., Álvarez, C., Cullen, P.J. & Tiwari, B. (2019). Effect of cold plasma on the techno-functional properties of animal protein food ingredients. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 58, 102205

Phan, K.T.K., Phan, H.T., Brennan, C.S. & Phimolsiripol, Y. (2017). Nonthermal plasma for pesticide and microbial elimination on fruits and vegetables: an overview. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 2127, 2137

Pinela, J. & Ferreira, I.C.F.R. (2017). Non-thermal Physical Technologies to Decontaminate and Extend the Shelf-life of Fruits and Vegetables: Trends Aiming at Quality and Safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(10), 2095-2111

Sarangapani, C., Patange, A., Bourke, P., Keener, K. & Cullen, P.J. (2018). Recent Advances in the Application of Cold Plasma Technology in Foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9, 609-629

Schlüter, O., Ehlbeck, J., Hertel, C., Habermeyer, C., Roth, A., Engel, KH., Holzhauser, T., Knorr, D. & Eisenbrand, G. (2013). Opinion on the use of plasma processes for treatment of foods. *Molecular Nutrition Food Research*, 57(5), 920-927

Scholtz, V., Pazlarova, J., Souskova, H., Khun J. & Julak J. (2015). Nonthermal plasma — A tool for decontamination and disinfection. *Biotechnology Advances*, 33(6), 1108–1119

Selcuk, M., Oksuz, L. & Basaran, P. (2008). Decontamination of grains and legumes infected with *Aspergillus spp.* and *Penicillium spp.* by cold plasma treatment. *Bioresource Technology*, 99(11), 5104-5109

Sonawane, S. y Marar, T. & Patil, S. (2020). Non-thermal plasma: An advanced technology for food industry. *Food Science and Technology International*, 26(8), 727-740

Stoica, M., Alexe, P. & Mihalcea, L. (2014). Atmospheric cold plasma as new strategy for foods processing-an overview. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 15, 1-8

Surowzky, B., Fischer, A., Schlueter, O. & Knorr, D. (2013). Cold plasma effects on enzyme activity in a model food system. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 19, 146-152

Surowzky, B., Frohling, A., Gottschalk, N., Schlüter, O. & Knorr, D. (2014). Impact of cold plasma on *Citrobacter freundii* in apple juice: Inactivation kinetics and mechanisms. *International Journal of Food Microbiology*, 174, 63-71

Thirumdas, R., Kadam, D. & Annapure, U.S. (2017). Cold Plasma: an Alternative Technology for the Starch Modification. *Food Biophysics*, 12, 129-139

Thirumdas, R., Saragapani, C., Ajinkya, M.T., Deshmukh, R.R. & Annapure, U.S. (2016). Influence of low pressure cold plasma on cooking and textural properties of brown rice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37(A), 53-60

Thirumdas, R., Sarangapani, C. & Annapure, U.S. (2015). Cold Plasma: A novel Non-Thermal Technology for Food Processing. *Food Biophysics*, 10, 1-11

Zhao, N., Ge, L., Huanga, Y., Wang, Y., Wang, Y., Lai, H., Wang, Y., Zhua, Y. & Zhang, J. (2020). Impact of cold plasma processing on quality parameters of packaged fermented vegetable (*Radish paocai*) in comparison with pasteurization processing: Insight into safety and storage stability of products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 60, 102300

Ziuzina, D., Patil, S., Cullen, P.J., Keener, K.M. & Bourke, P. (2014). Atmospheric cold plasma inactivation of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica serovar Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* inoculated on fresh produce. *Food Microbiology*, 42, 109-116

# Influencia de sustratos en el crecimiento y desarrollo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cultivado bajo un sistema hidropónico en invernadero

Gelver Silva Valqui\*  
Tito Sanchez Santillan\*\*  
Segundo Grimaldo Chavez Quintana\*\*\*  
Jardy Chichipe Oyarce\*\*\*\*  
Segundo Manuel Oliva Cruz\*\*\*\*\*

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la influencia de sustratos en el crecimiento y desarrollo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cultivado bajo un sistema hidropónico en invernadero. Se instaló bajo un diseño completo al azar (DCA), con cuatro tratamientos: T1 (75% cascarilla de arroz + 25% arena, T2 (75% cascarilla de arroz carbonizada + 25% arena, T3 (75 % Aserrín + 25% arena, T4 (40% cascarilla de arroz carbonizada + 35% aserrín + 25% arena); 8 repeticiones y 32 plantas. Se encontró que el T2, favoreció el incremento de altura (139.13 cm), diámetro de tallo (10.95 mm), número de tomates de primera calidad (15.25) y rendimiento (3.03 kg/planta); no obstante, el T3 y T1 mostraron baja influencia en dichas variables. Se concluye que, el tomate obtiene mayores características morfológicas y fisiológicas en sustrato (cascarilla carbonizada + arena); el aserrín como sustrato no es ideal para su crecimiento y desarrollo.

**PALABRA CLAVE:** cascarilla carbonizada; hidroponía; rendimiento de tomate; sustrato inerte; tecnología limpia

\*Investigador del Instituto de Investigación para el Desarrollo sustentable de Ceja de Selva INDES-CES, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1471-1810>. E-mail: [gelversilvavalqui28@gmail.com](mailto:gelversilvavalqui28@gmail.com)

\*\*Investigador del Instituto de Investigación para el Desarrollo sustentable de Ceja de Selva INDES-CES, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0946-3445>. E-mail: [titosanchezsantillan@gmail.com](mailto:titosanchezsantillan@gmail.com)

\*\*\*Investigador del Instituto de Investigación para el Desarrollo sustentable de Ceja de Selva INDES-CES, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0946-3445>. E-mail: [segundo.quintana@untrm.edu.pe](mailto:segundo.quintana@untrm.edu.pe)

\*\*\*\*Investigador del Instituto de Investigación para el Desarrollo sustentable de Ceja de Selva INDES-CES, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5913-2388>. E-mail: [jardy06@gmail.com](mailto:jardy06@gmail.com)

\*\*\*\*\*Investigador del Instituto de Investigación para el Desarrollo sustentable de Ceja de Selva INDES-CES, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>. E-mail: [soliva@indes-ces.edu.pe](mailto:soliva@indes-ces.edu.pe)

Recibido: 13/10/2020

Aceptado: 10/12/2020

## Influence of substrates on the growth and development of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) grown under a hydroponic system in a greenhouse

### ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the influence of substrates in the growth and development of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) grown under a hydroponic system in a greenhouse. It was installed under a complete randomized design (DCA), with four treatments: T1 (75% rice husk + 25% sand, T2 (75% carbonized rice husk + 25% sand, T3 (75% Sawdust + 25% sand, T4 (40% charred rice husk + 35% sawdust + 25% sand); 8 repetitions and 32 plants. It was found that T2 favored the increase in height (139.13 cm), stem diameter (10.95 mm), number of first quality tomatoes (15.25) and yield (3.03 kg / plant); however, T3 and T1 showed low influence on these variables. It is concluded that the tomato obtains greater morphological and physiological characteristics in substrate (charred husk + sand); sawdust as a substrate is not ideal for its growth and development.

KEYWORDS: charred husk; hydroponics; tomato yield; inert substrate; clean technology

### Introducción

El incremento de la población mundial obliga principalmente al sector agrícola a generar nuevas tecnologías con la finalidad de aumentar el rendimiento y calidad alimenticia para el mercado demandante (Saath & Fachinello, 2018).

El tomate es la hortaliza más cultivada, en diferentes regiones del mundo, sin embargo, requiere mucho de condiciones como clima, suelo, calidad de agua y manejo agronómico adecuadas para su desarrollo (Victoria et al., 2011).

El requerimiento de dichas condiciones, es un factor limitante para el cultivo en muchos lugares; sin embargo, a raíz de este problema, el cultivo hidropónico, surge como una alternativa muy viable para el tomate, ya que este sistema permite crear condiciones ambientales y medios de cultivo (sustratos) favorables para las plantas (Bastida, 2002).

Con la hidroponía, se ahorra agua y nutrientes, logrando mejorar los rendimientos, disminución de costos de producción y reducción de las descargas de fertilizantes al ambiente (Castillo, 2014). Dentro de este sistema, la solución nutritiva es uno de los elementos más

importantes, una adecuada selección de los minerales resulta ser la base para el éxito del cultivo (López, 2018). En efecto, una fertilización en exceso puede afectar considerablemente el crecimiento de la planta y estado fisiológico del fruto (Romero et al., 2009)

Otro elemento, indispensable es el sustrato, que sirve como anclaje y gracias a sus propiedades físicas, favorece el desarrollo de las plantas (Hartmann et al., 2014). Los sustratos, son diversos y variables, la selección de alguno de ellos, depende de su disponibilidad y del tipo la especie a cultivar (Abad & Noguera, 2000).

Un sustrato muy utilizado en los sistemas hidropónicos, es la cascarilla de arroz carbonizada, gracias a sus múltiples propiedades que destacan, como la alta durabilidad, contenido de sílice, densidad aparente (0,090 y 0,22 g/ml), pH neutro, conductividad eléctrica y su baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), siendo comparado muchas veces con un suelo agrícola, por la similitud con algunas de sus propiedades físicas (Yu et al., 2008; Olle et al., 2012).

Aunque Ortega et al. (2010), menciona que el aserrín de madera, también se puede utilizar como sustrato, por algunas características particulares como aireación, porosidad y retención de agua, favorece la estabilidad de pH y mayor retención de nutrientes. Aunque, no se reportan muchos antecedentes, Handreck & Black (2005), mencionan que, en los últimos 25 años, este subproducto de la industria maderera, puede competir con otros sustratos, pero su uso debe ser después de un proceso de deshidratación (Maher et al., 2008).

En la región Amazonas y gran parte de Perú, es común el uso de cascarilla de arroz sin carbonizar como sustrato para un sistema hidropónico, a pesar que muchas veces no son adecuados para ciertos cultivos, por lo que, con el presente trabajo se busca evaluar la influencia de diferentes sustratos en el crecimiento y desarrollo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivado bajo un sistema hidropónico bajo invernadero.

### 1. Aspectos geográficos del sitio de estudio

La investigación se desarrolló en los ambientes de invernadero de la Estación Experimental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza con sede en el distrito Huambo, a través del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva,

con coordenadas latitud 06°25'39" Sur y longitud 77°32'13" Oeste y altitud de 1714 m.s.n.m. La temperatura promedio en invernadero fue de 25 °C y una humedad relativa promedio de 60 %.

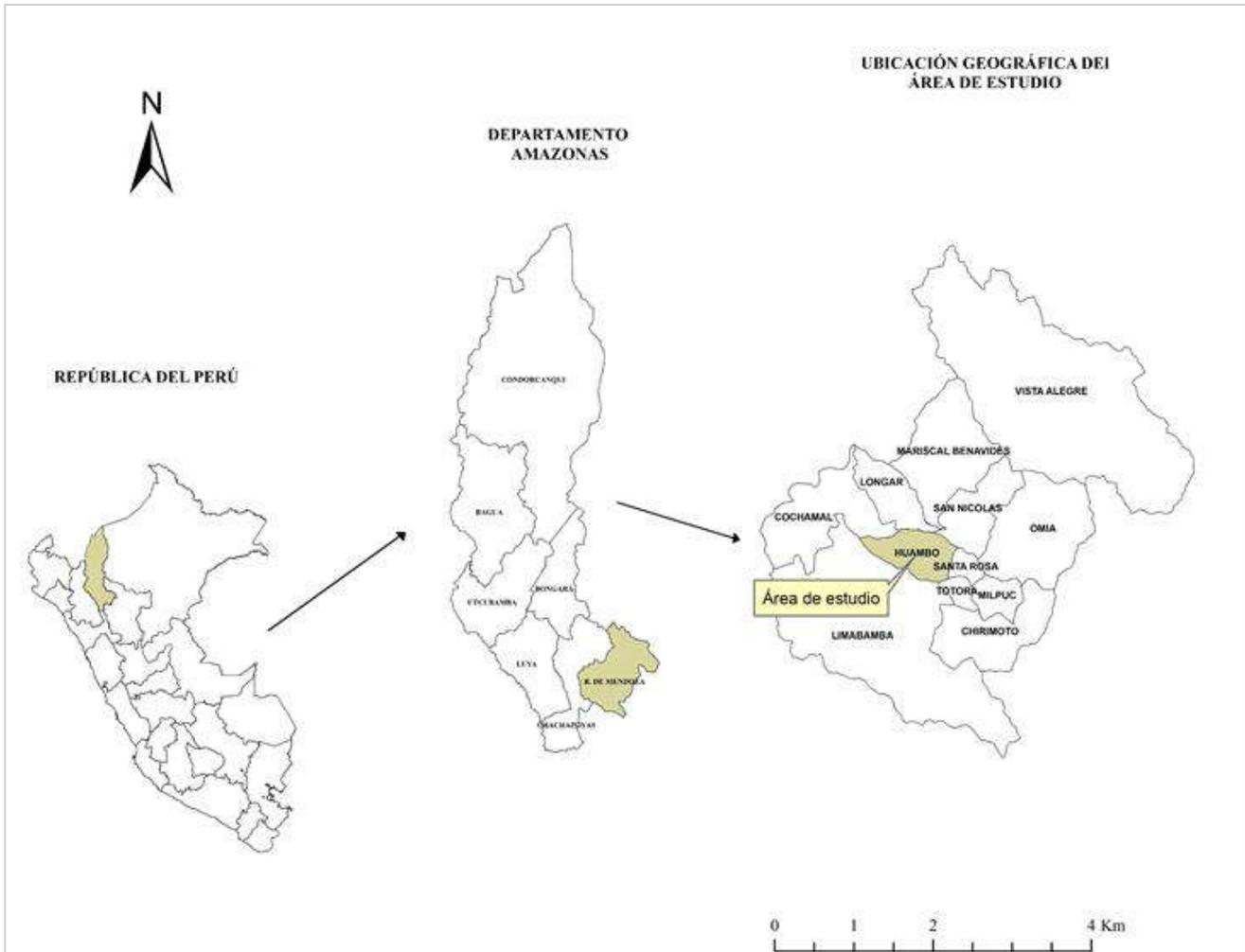


Figura 1. Área de estudio situado en el caserío de Miraflores distrito Huambo (provincia de Rodríguez de Mendoza).

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Diseño de la investigación y tratamientos

La investigación se instaló bajo un diseño completo al azar (DCA) con 4 tratamientos, 8 repeticiones y 32 plantas en total.

Tabla 01. Descripción de tratamientos utilizados en plantas de *L. esculentum* Mill, en invernadero

Tratamientos	Descripción
T1	75 % cascarilla de arroz + 25 % arena
T2	75 % cascarilla de arroz carbonizada + 25 % arena
T3	75 % Aserrín + 25 % arena,
T4	40 % cascarilla de arroz carbonizada + 35 % aserrín + 25 % arena

## 2.2. Carbonizado de cascarilla de arroz

Se construyó un horno artesanal, para ello se utilizó un cilindro 200 litros galvanizado, se cortó por la mitad en forma transversal; se hizo un agujero sobre la tapa y se colocó un tubo galvanizado de 2 pulgadas, que sirvió de chimenea, así mismo se realizó varios agujeros al rededor del latón para facilitar la oxigenación. En el interior del horno se colocaron trozos de madera y se prendió fuego, hasta que se forme la braza; encima se dispersó la cascarilla de arroz, hasta cubrir el horno por completo. Durante el proceso se realizó un volteado constante para garantizar un quemado homogéneo. Luego de 5 horas, cuando la cascarilla presentó un quemado uniforme, se retiró el fuego, además se aplicó un riego controlado, para evitar un mayor quemado del sustrato (Velázquez-Maldonado et al., 2019).

## 2.3. Fermentado y desinfección de cascarilla de arroz

En un cilindro de 200 litros se depositó la cascarilla de arroz hasta las  $\frac{3}{4}$  partes del recipiente, luego se llenó hasta el aforo con agua. Se adicionó hipoclorito de sodio al 5 %, dejándolo en reposo por 24 horas. Transcurrido el tiempo, se lavó la cascarilla con abundante agua, finalmente se colocó sobre un plástico de polietileno para drenar el exceso de humedad retenida.

## 2.4. Desinfección de arena

La arena utilizada fue de cerro, éste se depositó en una carretilla, luego se agregó agua hervida (100 °C). Con una pala se realizó un volteado para que la esterilización sea homogénea. Se dejó en reposo por un tiempo de 10 minutos, repitiendo el procedimiento por tres veces;

finalmente la arena lavada fue depositada sobre mantas de polietileno para drenar el exceso de agua.

## 2.5. Caracterización de propiedades físicas de sustratos

En laboratorio se realizó las combinaciones de sustratos, según los tratamientos en estudio, éstos se llenaron en bolsas de polietileno de 12.7 x 20.32 cm de ancho y largo respectivamente, se utilizaron 10 bolsas para cada sustrato. Se colocaron sobre un recipiente de polietileno, para captar el excedente de agua producto del drenaje. Con una probeta se agregó agua a los sustratos hasta que éstos queden en capacidad de campo, determinado los siguientes parámetros:

$$\text{Porosidad total del sustrato-PS (\%)} = \frac{B}{A} * 100$$

$$\text{Capacidad de aireación del sustrato-AS (\%)} = \frac{A}{C} * 100$$

$$\text{Retención de agua (\%)} = \frac{PTS}{CAS}$$

Dónde:

A: Volumen del sustrato; B: Volumen de agua agregada al sustrato; C: Volumen de agua perdido; PTS: Porosidad total del sustrato; CAS: Capacidad de aireación del sustrato.

## 2.6. Almacigado de tomate

La variedad de tomate utilizado fue Abigail; las semillas se colocaron en sustrato comercial Jiffy (fibra de coco + turba) combinado con arena, proporción 2:1 v/v respectivamente. Éste estuvo contenido en bandejas de germinación de polietileno, capacidad de 72 cavidades, colocando 2 semillas por golpe.

## 2.7. Llenado de sustratos en mangas de polietileno y colocado en invernadero

Las mangas de polietileno fueron cortadas a un tamaño de 90 cm, cerrándola en un extremo con grampas dándole una forma de bolsa. Por consiguiente, se colocaron los sustratos con una distribución uniforme para evitar cámaras de aire. Las mangas llenadas fueron acomodadas en hileras tipo surco mellizo en invernadero; luego con una navaja se procedió a

realizar cortes circulares en la superficie con distancias de 30 cm entre sí, para el sembrado de las plántulas.

#### 2.8. Instalación de sistema de riego

Se colocó una manguera de riego de 16 mm en el centro de las hileras formados por las mangas, luego se colocaron goteros auto compensantes con microtubos, para cada hoyo.

#### 2.9. Trasplante de plántulas de tomate

Después de realizar un riego a capacidad de campo a los sustratos, se realizó el trasplante de plántulas, colocándolas junto con el sustrato rizosférico procedente del germinador. El tamaño de la plántula sembrada fue 10 cm.

#### 2.10. Riego y fertilización

Para el riego se construyó un tanque y sistema de riego por bombeo, donde se mezclaron las soluciones hidropónicas ya formuladas (A y B) según el protocolo de la Universidad Nacional Agraria la Molina. El intervalo de riego fue inter diario, con una frecuencia de 3 minutos.

#### 2.11. Entutorado y podas de formación de tomate

Se utilizaron cuerdas de nylon y ganchos comerciales, éstos fueron colocado en la base del tallo de la planta en sus inicios y en las partes axilares durante la fase fenológica del tomate. Fueron fijados en una red de alambre galvanizado sobre postes en “T” de 2 m. Las podas fueron principalmente de ramas axilares y hojas para dar forma a la planta y optimizar su crecimiento.

#### 2.12. Variables evaluadas

*Altura de planta:* se tomaron medidas a inicios con una regla milimetrada de metal y luego con wincha, desde la base de la planta hasta la base del ápice de la misma (Burbano, 2017).

*Diámetro de tallo:* se tomaron medidas del diámetro de tallo de tomate, según consideraciones a 1 cm del cuello de la planta, con ayuda de un vernier digital, realizando cada 30 días.

*Número de frutos:* se registró contabilizando el número de frutos en estado de madurez comercial y de acuerdo a su calibre (primera, segunda y tercera).

*Peso de frutos:* se estimó los pesos de frutos con estado de madurez comercial, con la ayuda de una balanza digital capacidad 5 kg.

### 2.13. Análisis estadístico de los datos

Los datos morfológicos de tomate fueron normales y homogéneos, para ello se realizó el análisis de varianza ANOVA ( $\alpha < 0.05$ ) y la comparación múltiple de medias con el test post-hoc de Tukey al 5% de nivel de significancia. Se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2017.

## 3. Resultados

El análisis de varianza muestra que los sustratos tuvieron efectos significativos para las variables altura, diámetro y rendimiento en plantas de tomate (*p-valor* < 0.05). No obstante, para la variable número de frutos por planta y tratamiento no mostró efectos significativos (tabla 02).

Tabla 02. Análisis de varianza de acuerdo a los tratamientos

FV	H	DT (cm)	NTFM	RDTO (kg/planta)	NF (calibre en mm)		
					Primera (72-81)	Segunda (62-71)	Tercera (53-61)
Tratamiento	0.0001*	0.0102*	0.3417 ns	0.0057*	0.0098*	0.6020 ns	0.8929 ns

\*= Diferencia significativa; ns: no significativo; FV: fuente de variación; H: altura; DT: diámetro de tallo; NTFM: número total de frutos maduros; RDTO: rendimiento; NF: número de frutos

La tabla 03, muestra el test de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), en la que T2 (75 % cascarilla de arroz carbonizada + 25 % arena) mostró superioridad en las variables altura de planta, diámetro de tallo, rendimiento de tomate y número de frutos de primera calidad, seguido por el T4 (40 % cascarilla de arroz carbonizada + 35 % aserrín + 25% arena). No obstante, el T3 (75 % Aserrín + 25 % arena) no mostró efectos positivos en las variables altura y diámetro, así mismo resultó ser el segundo peor tratamiento en rendimiento junto al T1 (75 % cascarilla de arroz + 25 % arena) (figura 2).

Tabla 03. Comparación múltiple de medias según el test de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para las características morfológicas y rendimiento de *L. esculentum* Mill, bajo diferentes sustratos

Tratamientos	H	DT (cm)	RDTO (kg/planta)	NF (calibre en mm)
				Primera (72-81)
T1	121.25 bc	9.68 ab	2.04 b	7.75 b
T2	139.13 a	10.95 a	3.03 a	15.25 a
T3	107.00 c	9.10 b	2.20 b	9.00 ab
T4	127.13 ab	9.71 ab	2.81 ab	14.69 ab

H: altura; DT: diámetro de tallo; RDTO: rendimiento; NF: número de frutos. *Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

En la tabla 04, se observa que todos los sustratos presentaron una porosidad media, sin embargo, el T1 (75 % cascarilla de arroz + 25 % arena), mostró mayor aireación, seguido por el T3 (75 % Aserrín + 25 % arena); por su parte, el T4 (40 % cascarilla de arroz carbonizada + 35 % aserrín + 25 % arena) presentó menor aireación, por ende, presentó mayor capacidad de retención de humedad. La retención de humedad no tuvo relación directa con la aireación, ya que no siempre una menor porosidad tuvo una mayor retención de humedad.

Tabla 04. Propiedades físicas evaluadas de la combinación de sustratos

Tratamientos	Porosidad (%)	Aireación (%)	Retención de humedad (%)
T1	50	27.0	23.0
T2	50	8.0	42.0
T3	50	21.7	28.3
T4	50	6.7	43.3

#### 4. Discusión

El sustrato cascarilla de arroz carbonizada + arena, incrementó considerablemente la altura de planta, diámetro de tallo, número de frutos de primera calidad y rendimiento, superando largamente a los demás sustratos (aserrín y cascarilla sin carbonizar); así mismo la cascarilla carbonizada combinado con aserrín, también se mostró superior a los otros sustratos.

Bracho, 2009), asevera que la cascarilla cruda, por lo general favorece la retención de humedad, pero, éste repotencia su capacidad cuando son mezclados con otros sustratos (Schmilewski, 2001), tales como arena (Bunt, 1988).

Águila (2008), menciona que el uso de cascarilla carbonizada como sustrato para sistemas hidropónicos, resulta ser muy beneficioso, gracias a sus características químicas (contenido de Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) en las cenizas 80.33 %, macro y micro nutrientes) (Velázquez-Maldonado et al., 2019) y por sus características físicas (Quintero et al., 2011). Dicha afirmación es complementada por Peña et al. (2013), donde encontraron que la cascarilla carbonizada superó en 27.3 % a la cascarilla cruda y a cielo abierto, en la variable rendimiento de tomate de primera calidad.

La capacidad de los sustratos para la retención de humedad, aireación, densidad aparente baja, porosidad total, debe ser mojable y buen drenaje 40 %, influyen positivamente en el desarrollo de la planta (Cadahía, 2005; AlShrouf, 2017, Rodríguez et al., 2018), siendo corroborada en la presente investigación, donde cascarilla carbonizada fue más influyente gracias a sus características físico-químicas.

Las propiedades físicas de los sustratos, son aspectos importantes en un cultivo hidropónico, ya que un sustrato inadecuado puede ocasionar pérdida de nutrientes por drenaje, hasta en un 50 % del total aplicado (Arredondo et al., 2008), siendo poco aprovechada por la planta. Hao y Papadopoulos (2002), registraron que, dentro de las pérdidas de nutrientes resaltan algunos macros y micro nutrientes esenciales para el óptimo desarrollo de tomate.

Cruz (2009), menciona que la pérdida de nutrientes, afecta significativamente los rendimientos, ya que éstos guardan una relación directa con dichos factores. Por el contrario, De Grazia et al. (2007), afirma que algunos sustratos gracias a su contenido natural de ciertos minerales, pueden mitigar el impacto de pérdidas nutrimentales y en asociatividad con otros nutrientes adicionados éstos pueden incrementar significativamente los rendimientos en los cultivos. Similar a lo observado en la investigación con la cascarilla de arroz carbonizada.

Por su parte, se observó la baja influencia del sustrato aserrín, que, a pesar de tener buena capacidad de retención de humedad, generó un efecto ditrimental para las plantas de tomate, es probable que esto haya ocurrido por una alta acumulación de sales, generando un desbalance nutricional (Papadopoulos, 1991); también es probable que haya ocurrido un efecto alelopático,

ya que Maher et al. (2008), mencionan que, el aserrín debe pasar por un proceso de deshidratación antes de ser utilizados como sustratos para hidroponía.

## Conclusiones

El tomate cultivado bajo un sistema hidropónico, muestra buen crecimiento y desarrollo cuando son sembrados en sustrato (cascarilla carbonizada + arena 75:25 v/v respectivamente); sin embargo, el aserrín y cascarilla de arroz sin carbonizar, no son sustratos ideales, para ser utilizados en este cultivo y bajo un sistema tecnificado.

## Referencias

- Abad B. M., & Noguera M. P. (2000). Los sustratos en los cultivos sin suelo, pp: 137-183. *Manual de Cultivo sin Suelo*. URRESTARAZU G., M.(Ed). Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Águila, I., & Sosa, M. (2008). Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela* 23(4): 55-66.
- AlShrouf, A. (2017). Hidroponía, aeroponía y acuaponía en comparación con la agricultura convencional. *Revista estadounidense de investigación científica de ingeniería, tecnología y ciencias (ASRJETS)* 27 (1): 247-255.
- Arredondo, J. L. O., Ramos, J. Z. C., Ramos, J. J. M., González, G. A., Chávez, L. T., Tapia, P. V., & Reyes, S. E. (2008). Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(4): 367-374.
- Bastida, T. (2002). Sustratos hidropónicos. Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Bracho, J., Pierre, F., & Quiroz, A. (2009). Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. *Bioagro* 21(2): 117-124.
- Bunt, A.C. (1988). Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman Ltd., Great Britain. 309 p.
- Burbano, E. (2017). Producción de líneas de tomate “chonto”, *Solanum lycopersicum* Mill., con expresión del gen sp responsable del crecimiento determinado. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 11(1): 63-71.
- Cadahía López, C. (2005). *Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales.: cultivos hortícolas,*

*frutales y ornamentales*. Mundi-prensa Libros.

Castillo, S. D., Moreno-Pérez, E. D. C., Pineda-Pineda, J., Osuna, J. M., Rodríguez-Pérez, J. E., & Osuna-Encino, T. (2014). Producción hidropónica de jitomate (*Solatum lycopersicum* L.) con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Agrociencia* 48(2): 185-197.

Cruz Crespo, E., Sandoval Villa, M., Volke Haller, V. H., Can Chulim, Á., & Sánchez Escudero, J. (2012). Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 3(7): 1361-1373.

De Grazia, J., Tittonell, P. A., & Chiesa, A. (2007). Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e investigación agraria* 34(3): 195-204.

Handreck, KA, Black, ND y Black, N. (2002). *Medios de cultivo para plantas ornamentales y césped*. Prensa UNSW.

Hao X, A P Papadopoulos (2002) Growth, photosynthesis and productivity of greenhouse tomato cultivated in open o closed rockwool systems. *Can. J. Plant Sci.* 82:771-780.

Hartmann HT, DE Kester, FT Davies, RL Geneve. (2014). *Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices*. Eighth Edition. United States of America. Pearson. 922 p.

López Elías, J. (2018). La producción hidropónica de cultivos. *Idesia (Arica)* 36(2): 139-141.

Maher, M., Prasad, M., & Raviv, M. (2008). Organic soilless media components. *Soilless culture: Theory and practice* 459-504.

Olle, M., Ngouajio, M., & Siomos, A. (2012). Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: A review. *Zemdirbyste* 99(4): 399-408.

Ortega Martinez, L. Sanchez Olarte, J. Diaz Ruiz, R. Ocampo Mendoza, J. (2010). TOMATE (*Lycopersicum esculentum* MILL ) proporción al aumento de la superficie cultivada . producción en la aportación de divisas a la. *Ra Ximhai* 6: 365-372. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2008.03.010>

Papadopoulos, A. P. (1991). *Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media*. Available from Communications Branch, Agriculture Canada.

Peña, M. Y., Posada, F. C., & Monsalve, O. I. (2013). Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y orgánicos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 7(2): 217-227.

Quintero, M. F., González, C. A., & Guzmán, J. M. (2011). Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. *Flórez R, VJ (ed). Sustratos, Manejo del Clima, Automatización y Control en Sistemas de*

*Cultivo sin Suelo. Universidad Nacional de Bogotá. Colombia. pp, 79-108.*

Rodríguez, R. D. L., Lara-Herrera, A., Padilla-Bernal, L. E., Avelar-Mejía, J. J., & España-Luna, M. P. (2018). Proporción de drenaje de la solución nutritiva en el rendimiento y calidad de tomate en hidroponía. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 9(20): 4343-4353.

Romero, M. V., Terraza, S. P., Peña, P. S., Verdugo, S. H., Enciso, T. O., Madrid, J. L. C., & Bojorquez, A. D. A. (2009). Fertirrigación con diferentes formas de nitrógeno en el cultivo de tomate en un suelo arcilloso. *Interciencia* 34(2): 135-139. ISSN: 0378-1844

Saath, K. C. D. O., & Fachinello, A. L. (2018). Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 56(2): 195-212.

Schmilewski, G. (2001). Limitations of additional organic material in growing media. *FlowerTech* 4(2): 20-23.

Velázquez-Maldonado, J., Juárez-López, P., Anzaldo-Hernández, J., Alejo-Santiago, G., Valdez-Aguilar, L. A., Alia-Tejacal, I., ... & Guillén-Sánchez, D. (2019). Concentración nutrimental de biocarbón de cascarilla de arroz. *Revista fitotecnia mexicana* 42(2): 129-136.

Victoria, NG, van der Valk, OMC y Elings, A. (2011). *Horticultura Protegida Mexicana: Producción y mercado de horticultura protegida mexicana descrita y analizada* (No. 1126). Wageningen UR Horticultura en invernadero / LEI.

Yu, C., Liu, H., Xing, Y., Manukovsky, N. S., Kovalev, V. S., & Gurevich, Y. L. (2008). Bioconversion of rice straw into a soil-like substrate. *Acta Astronautica* 63(7-10): 1037-1042. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2008.03.010>

## Modelo de calidad para plataformas e-learning basado en normas ISO/IEC 25000

Eder Nicanor Figueroa Piscocoya\*

Gilberto Carrión-Barco\*\*

Manuel-Jesús Sánchez-Chero\*\*\*

Andrés Heleodoro Figueroa Alvarado\*\*\*\*

Walter Antonio Figueroa Neyra\*\*\*\*\*

### RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo desarrollar un modelo de calidad para plataformas e-learning en centros de entrenamiento superior, basado en estándares ISO/IEC 25000; se utilizó el enfoque cuantitativo con alcance propositivo y con diseño no experimental de tipo transversal; se empleó el cuestionario como instrumento de recolección de datos conformado por 11 reactivos y se aplicó a una muestra de 20 sujetos entre personal administrativo y docente del Centro de Tecnologías de la Información CETI – Chiclayo-Perú. Los resultados indican que la plataforma Blackboard y la plataforma Moodle son las preferidas en la implementación de entornos virtuales de aprendizaje; por su parte El 80% señala que el seguimiento de los avances del estudiante en tiempo real es la característica más importante que incorporarían en la implementación de una plataforma e-learning. Por ello, se propuso un modelo de calidad para plataformas e-learning en centros de entrenamiento superior, basado en estándares ISO/IEC 25000. Como conclusión se precisa que la adopción de una plataforma e-learning en los centros de entrenamiento superior es imprescindible por lo que se hace necesario desarrollar un modelo de calidad para estas plataformas.

PALABRAS CLAVE: Plataformas, e-learning, ISO/IEC 25000, modelo.

\*Docente Auxiliar. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Chachapoyas. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7970-434X>. E-mail: [eder.figueroa@untrm.edu.pe](mailto:eder.figueroa@untrm.edu.pe)

\*\*Docente Auxiliar. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1104-6229>. E-mail: [gcarrion@unprg.edu.pe](mailto:gcarrion@unprg.edu.pe)

\*\*\*Docente Investigador. Universidad Nacional de Frontera. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1646-3037>. E-mail: [manuel Sanchezchero@gmail.com](mailto:manuel Sanchezchero@gmail.com)

\*\*\*\*Docente Principal. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6135-2507>. E-mail: [afigueroa@unprg.edu.pe](mailto:afigueroa@unprg.edu.pe)

\*\*\*\*\*Docente a Tiempo Completo. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4747-9234>. E-mail: [pcmawfig@upc.edu.pe](mailto:pcmawfig@upc.edu.pe)

Recibido: 15/10/2020

Aceptado: 10/12/2020

## Quality model for E-learning platforms based on ISO/IEC 25000 standards

### ABSTRACT

The objective of this research was to develop a quality model for e-learning platforms in higher training centers, based on ISO / IEC 25000 standards; The quantitative approach was used with a propositional scope and a non-experimental cross-sectional design; The questionnaire was used as a data collection instrument made up of 11 items and was applied to a sample of 20 subjects among administrative and teaching staff of the Information Technology Center CETI - Chiclayo-Peru. The results indicate that the Blackboard platform and the Moodle platform are the preferred ones in the implementation of virtual learning environments; For their part, 80% point out that monitoring student progress in real time is the most important feature that they would incorporate in the implementation of an e-learning platform. Therefore, a quality model for e-learning platforms in higher training centers was proposed, based on ISO / IEC 25000 standards. As a conclusion, it is specified that the adoption of an e-learning platform in higher training centers is essential for what is necessary to develop a quality model for these platforms.

KEY WORDS: Platforms, e-learning, ISO / IEC 25000, model.

### Introducción

El software es una herramienta de mucha utilidad que se encuentra presente en numerosas actividades de la educación, salud, industria, economía, transporte, seguridad, las artes, etc. (Vaca & Jácome, 2018), cuyo mayor provecho es la mejora de procesos con el propósito de ofrecer eficiencia y satisfacción de necesidades empresariales. No obstante, hacer las correcciones a un software existente o desarrollar uno nuevo, en repetidas ocasiones no se implementa de la forma correcta (Callejas-Cuervo et al., 2017).

En los últimos años, el uso de Internet se ha ido incrementado (Blázquez Barba et al., 2018), conquistando un importante espacio en la vida diaria de las personas, dado que actualmente es utilizado en diversos contextos con múltiples propósitos, demostrando ser una herramienta muy potente que contribuye en la reducción de la brecha digital (Morales Ramírez et al., 2020). La supremacía del Internet reside en su universalidad; por tanto, es una necesidad y una cuestión estratégica que todos logren acceder a este (Sanchez, 2011).

En relación con otras ciencias, la computación como tal y el desarrollo de software acarrea poco más de medio siglo en ser investigada y casi dos décadas que se vienen aplicando normas internacionales ISO con el propósito de brindar calidad al producto final (ISO 25000, 2020). No obstante, la gestión de proyectos conexas con las Tecnologías de la Información (TI) todavía se rehúsa a utilizar estos estándares, por diversas razones.

En el informe CHAOS de Standish Group, tal como lo señala James (20018), se muestra que los proyectos concluidos con éxito “Successful” se encuentran alrededor del 33%, mientras que los concluidos pero con menor sobrecosto y/o alcance y/o fuera del tiempo “Challenged” están en el orden del 48%, y los proyectos cancelados antes de completarse “Failed” alcanzan el 19%.

De acuerdo con el reporte Pulse of the Profession PMI (2017) fueron consultados 3,234 especialistas en gestión de proyectos, los cuales indicaron que las causas del infortunio de los proyectos, principalmente son: recursos limitados (22%), apoyo insuficiente del sponsor (27%), comunicación inadecuada/deficiente (30%), cambios en los objetivos del proyecto (36%), recolección inexacta de requerimientos (39%), entre otros. De estos profesionales consultados, el 18% labora en el rubro de tecnología de la información y comunicación (TIC); en consecuencia, se puede puntualizar que los expertos en proyectos de TIC presentan inconvenientes en culminar de manera satisfactoria los proyectos, lo cual supone que el producto final posea limitaciones en cuanto a calidad.

El uso del e-learning para enseñanza en centros de entrenamiento superior progresa rápidamente, para los centros que ya cuentan con esta plataforma les es imperativo evaluar el nivel de calidad que posee esta herramienta tecnológica. La investigación fue realizada tomando como referencia a un centro de capacitación y formación en cursos de TIC; estos centros de entrenamiento nacen como añadidura a la preparación profesional, con el propósito de obtener en el alumno una formación plena en tecnologías emergentes, extendiendo la capacitación del profesional en beneficio de la empresa y la sociedad.

La calidad de las plataformas e-learning presenta ciertas limitaciones, así como lo menciona Gómez (2015), donde indica que los instructores al usar estas plataformas encuentran graves deficiencias al momento de calificar las actividades de los participantes, de discernir sus

conductas on-line y de valorar el propio entorno y la aplicación de la plataforma; denotándose el sinsabor del usuario final con esta tecnología; tal y como expresa Deming (1989), calidad es una sucesión de controversias conducentes hacia la mejora continua para alcanzar la complacencia del usuario.

Calidad es definida de diversas formas, es un término muy subjetivo y estudiado por muchos autores. En el contexto de las TIC, puntualmente en el desarrollo de software, según Roger Pressman, la definición de calidad se vincula a la congruencia entre el rendimiento y los requisitos funcionales expresamente determinados con esquemas de desarrollo documentados, y con características sobrentendidas que se pretenden de un software al más alto nivel (citado por Callejas-Cuervo et al., 2017). Fundamentalmente estos requerimientos son la base del fracaso o éxito de los proyectos, ya que de ser gerenciados de forma equívoca podrían aterrizar pérdidas de tiempo y en sobrecostos.

Las organizaciones que evalúan sus productos de software utilizan estándares internacionales para la calidad, que son definidos para cuantificar el progreso en todo el ciclo de desarrollo hasta la puesta en funcionamiento del producto (Ramos et al., 2018). Desafortunadamente la cantidad de empresas que se rigen por estas normas es limitada, dado que al poner en marcha estos procesos para asegurar la calidad, conllevan un costo adicional y demandan un tiempo que en la mayoría de las veces las organizaciones no están dispuestas a invertir.

Las normas ISO/IEC 25000 se centran en la calidad del producto final de software y expresa los conceptos de calidad: de uso, externa e interna. La calidad del producto se ve mejorada por la eficiencia del proceso; a su vez, la calidad del producto colabora en mejorar la calidad en uso. Por consiguiente, evaluar y perfeccionar un proceso es una forma de optimizar la calidad del producto; evaluar y perfeccionar la calidad del producto es una forma de optimizar la calidad en uso. De igual manera, valorar la calidad en uso puede suministrar una retroalimentación para optimar el producto, y evaluando un producto puede facilitar un feedback para perfeccionar un proceso (Baldeón, 2015).

Entre los modelos para evaluar la calidad del producto se puede mencionar a McCall, siendo el primer modelo de medición de calidad de un producto de software; desde esta

perspectiva, la calidad estaba compuesta por tres criterios básicos: operación, revisión y transición; cada uno de estos criterios contenían, a su vez, una serie de métricas que determinaban la calidad del producto software (Miguel et al., 2014). El modelo propuesto por McCall sirvió como pilar para la creación de la primera norma estándar internacional orientada a la medición de la calidad del producto software en el año 1991: la ISO/IEC 9126, la cual está dividida en cuatro partes, cada uno con un propósito concreto: modelo de calidad, métricas internas, métricas externas y calidad de métricas en uso. Dentro de las métricas internas y externas la ISO/IEC 9126 precisa seis características; mientras que las métricas de calidad en uso identifican cuatro características (Miguel et al., 2014).

El presente estudio se realizó en el Centro de Entrenamiento en Tecnologías de la Información (CETI), ubicado en la Región Lambayeque, Provincia de Chiclayo - Perú. CETI es una empresa de capacitación dedicada a ofertar servicios de enseñanza y entrenamiento en diversas áreas de formación continua, dirigida a estudiantes, egresados, bachilleres, profesionales y empresas en el ámbito de las TIC. Los servicios de formación continua que ofrece CETI se enmarcan en el entrenamiento, capacitación, enseñanza y certificación de cursos relacionados a las TIC.

Ante esta situación problemática surge la siguiente interrogante; ¿De que manera se puede mejorar la calidad de las plataformas e-learning en los centros de entrenamiento superior?

Esta investigación se justifica porque en la actualidad aún existen entidades dedicadas al desarrollo de software que no siguen una tendencia de calidad por diversos factores, como desconocimiento de modelos de calidad, mala planificación de proyectos o carencia de modelos adaptados a exigencias específicas; obteniendo así software con calidad deficiente. Es allí donde los estándares ISO/IEC 25000 ofrecen una base esencial para la evaluación, modificación y creación de software, proporcionándoles la calidad adecuada; por su parte los centros de entrenamiento superior utilizan plataformas de aprendizaje sin tener en cuenta los requerimientos mínimos de calidad y las prestaciones del servicio educativo.

Ante lo expuesto se plantea la siguiente hipótesis: mediante el desarrollo de un modelo basado en normas ISO/IEC 25000 se garantizará la calidad de las plataformas e-learning como herramienta de aprendizaje en centros de entrenamiento superior. Por último, como objetivo de

la presente investigación se plantea: desarrollar un modelo de calidad para plataformas e-learning en centros de entrenamiento superior basado en normas ISO/IEC 25000.

## 1. Metodología

El estudio investigativo tuvo un enfoque cuantitativo y alcance propositivo, con diseño no experimental de tipo transversal (Bernal, 2010); la muestra estuvo constituida por 20 sujetos entre docentes y administrativos de la institución CETI, teniendo como criterios de inclusión a los docentes y administrativos de la entidad, y como criterios de exclusión al personal de ventas y soporte técnico; se utilizó la técnica de la encuesta, y como instrumento se empleó el cuestionario (con ayuda de la herramienta Google Forms), a través del cual se procedió a recopilar los datos necesarios de forma anónima y de esta manera obtener información del personal de CETI.

El instrumento estuvo constituido por 11 reactivos los cuales tuvieron por finalidad conocer la experiencia del usuario en la utilización e implementación de plataformas e-learning para el desarrollo de cursos a distancia. La encuesta fue aplicada de manera virtual a la población en estudio; con la aceptación y respuesta de ésta se procedió al procesamiento de la información haciendo uso de la Hoja de Cálculo de Microsoft Excel. Luego de trasladar los resultados en tablas, estos fueron graficados e interpretados para el entendimiento del problema; posteriormente los resultados encontrados sirvieron como insumo para la elaboración del modelo propuesto.

## 2. Resultados

Los resultados de la investigación muestran que, en la mayoría de los docentes y administrativos del CETI, un gran porcentaje (70%) hace uso de alguna plataforma e-learning. A pesar de ello, pocos han realizado la implementación de una de estas (5%), y menor cantidad de encuestados manifiestan haber utilizado el estándar ISO/IEC 25000 para evaluar o desarrollar algún producto de software.

Por otro lado, en relación con su experiencia utilizando alguna plataforma e-learning, se evidencia que tienen algún grado de conformidad con respecto al desempeño de estas; sin embargo, cabe recalcar que en plena era digital muchos encuestados (52,6%) no hacen uso de su

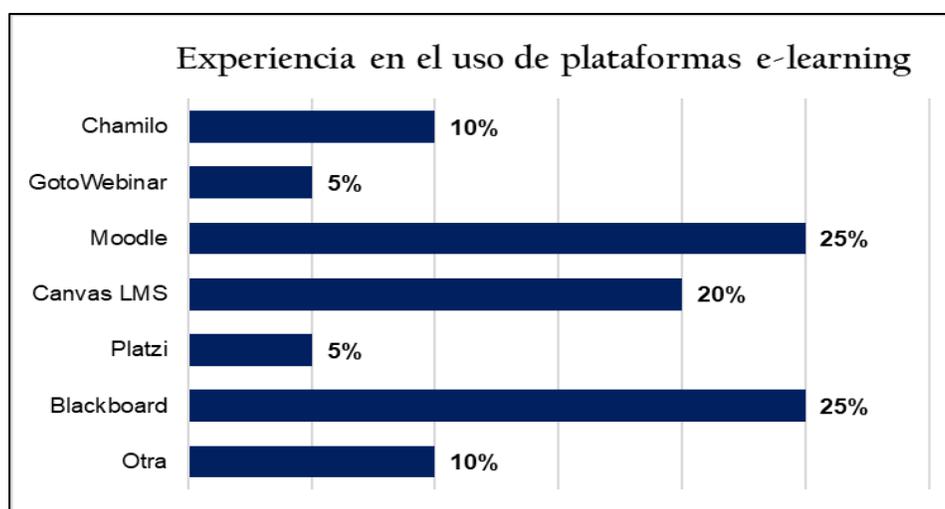
dispositivo móvil (llámese smartphone o tablet) para acceder a una plataforma e-learning, según se indica en la tabla 1.

**Tabla 1.** Uso de la plataforma e-learning en dispositivos móviles

Escala	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
Siempre	3	15.8%
Casi siempre	4	21.1%
Casi nunca	2	10.5%
Nunca	10	52.6%
Total	19	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En esa misma línea, se deseaba conocer a partir de la experiencia del encuestado cuál de las plataformas le brinda la sensación de ser más completa en cuanto a la escalabilidad, aspecto amigable – intuitivo, funcional; y se evidenció que el 25% optaba por la plataforma Blackboard y Moodle respectivamente; luego Canvas LMS con 20%; después Chamilo con 10%; y por último están GoToWebinar y Platzi con un 5% cada una, tal como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Experiencia en el uso de plataformas e-learning

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, era necesario llevar al encuestado a un escenario donde pudiera adentrarse en el proceso de implementación de una plataforma e-learning; para ello se le invitó a elegir ciertas características que contendría una plataforma. El 80% de los encuestados señalaron que el seguimiento de los avances del estudiante en tiempo real es la característica más notable que incorporarían en la implementación de una plataforma e-learning. Por su parte, un 60% precisa que la evaluación de los estudiantes en períodos de tiempo semanal o quincenal es vital; y otra característica es que debería permitirle al docente la creación de juegos por cada tema del curso, con el 55%, según se evidencia en la figura 2.

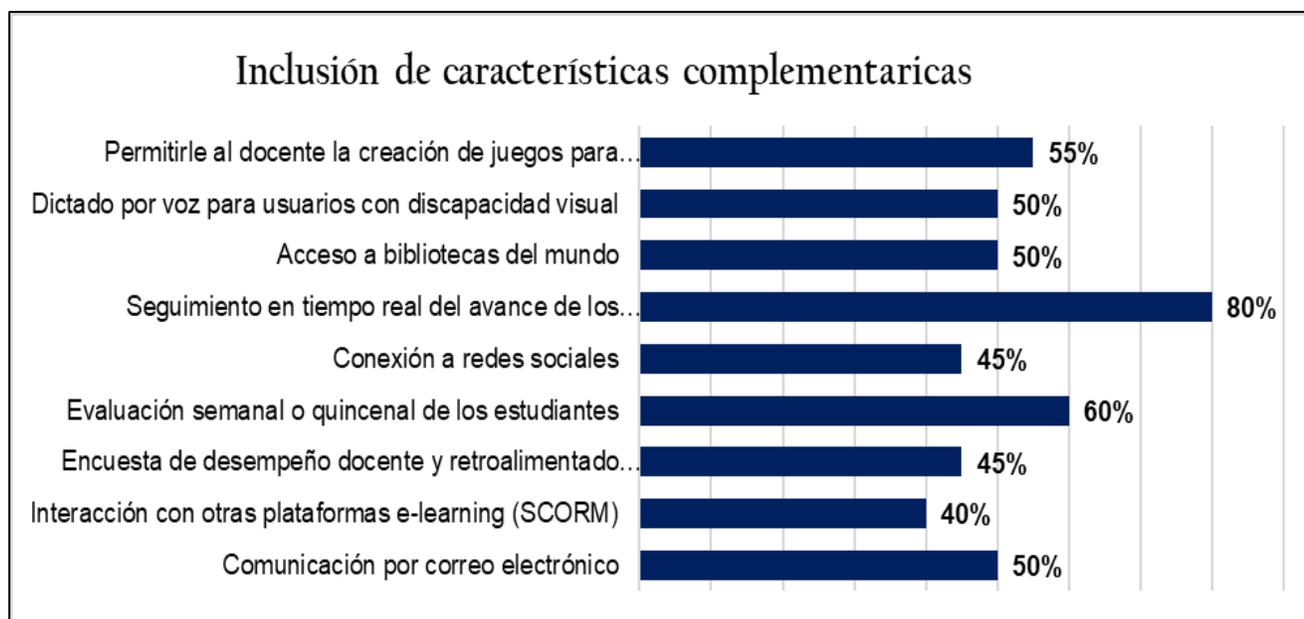


Figura 2. Inclusión de principales características complementarias si el encuestado participaría en el proceso de construcción de una plataforma e-learning

Fuente: Elaboración propia

Debido a todo lo recopilado en el desarrollo de la presente investigación se procedió a elaborar y proponer un modelo, el cual se resume en la figura 3.

Los atributos serán los pilares del modelo, posicionándose en la base de este, a fin de indicar las propiedades que las plataformas e-Learning deben tener para dar satisfacción al ser utilizadas por los docentes, administrativos y estudiantes. La inobservancia de estos atributos conduciría a la pérdida total de calidad. En el modelo propuesto se han incluido nueve atributos

para plataformas e-Learning, obtenidos sobre las bases de las contribuciones de (Castro et al., 2013).

El modelo toma robustez al incorporar la norma internacional ISO/IEC 25000, la cual refuerza los nueve atributos de las plataformas e-Learning mencionados anteriormente. Se debe precisar que las características y subcaracterísticas fueron escogidas más precisamente de la ISO/IEC 25010 e ISO/IEC 25012, ambos incluidos en el estándar, que hacen referencia al modelo de calidad en los productos de software y al modelo de calidad de los datos respectivamente (ISO 25000, 2020). Cada una de las subcaracterísticas incluye un conjunto de métricas o aspectos básicos debidamente seleccionados y detallados, que las plataformas e-Learning deben tener para favorecer su calidad final.

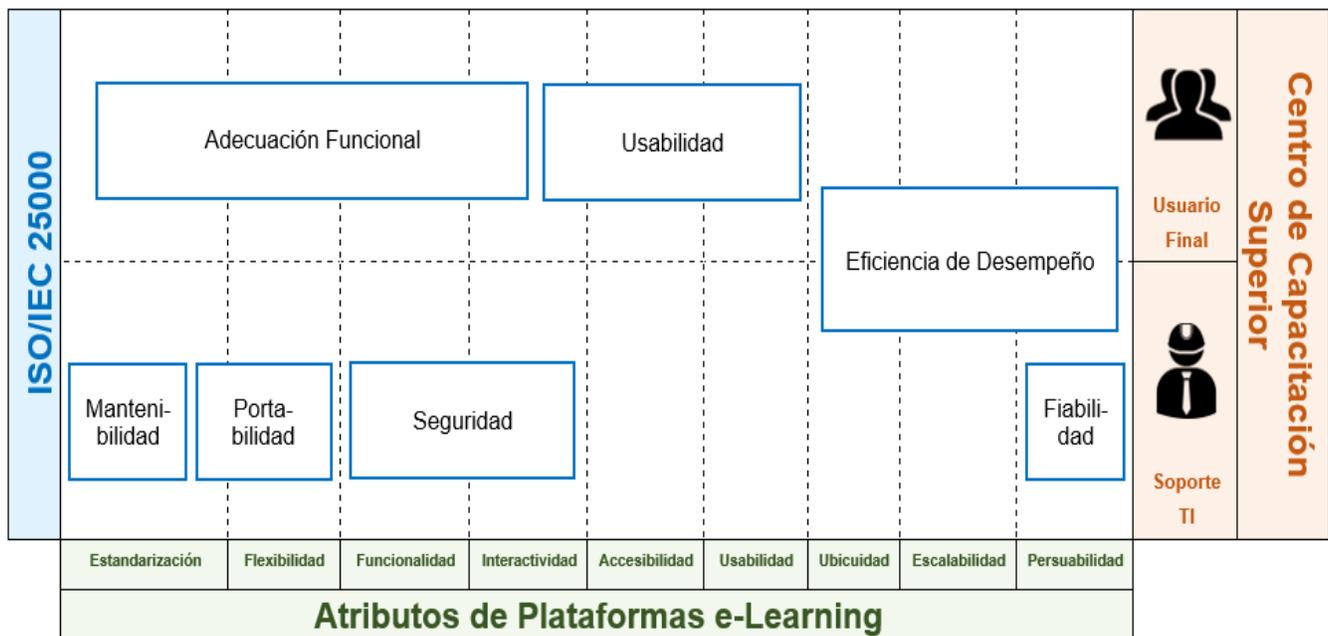


Figura 3. Modelo de calidad para plataformas e-learning en centros de entrenamiento superior basado en normas ISO/IEC 25000.

Fuente. Elaboración propia

Por último, el modelo propuesto involucra a los actores, quienes al concebir la idea de adquirir una plataforma e-learning en el centro de entrenamiento superior, por lo general, tendrán dos opciones a seguir: inclinarse por elegir plataformas LMS ya desarrolladas (libres o comerciales); o decidir construir una plataforma e-Learning personalizada. En el primer caso el

modelo propuesto se utilizará para evaluar los aspectos de calidad siguiendo las métricas adaptadas para los productos de software LMS libres o comerciales disponibles en el mercado (Viñas, 2017). En el segundo caso, el modelo propuesto se utilizará como la pauta que debe tener el equipo durante todo el proceso de desarrollo del software (recopilando los requerimientos de los stakeholders, diseñar la arquitectura y construir las bases de datos, etc.) para lograr construir una plataforma e-learning de calidad, ofreciendo un alto grado de satisfacción al adecuarse a todas sus necesidades específicas (Rodríguez, 2020).

### 3. Discusión

El modelo está nutrido por una exploración bibliográfica de la familia de normas ISO/IEC 25000, artículos e investigaciones como la de Vaca & Jácome (2018) y Baldeón (2015), quienes concuerdan con la idea que esta investigación pretende reforzar, que para satisfacer al personal que utiliza el producto software, este último debe alcanzar un alto grado de calidad y que para lograrlo es de gran ayuda la utilización de estándares ISO.

Por otro lado, una de los artículos que llamó la atención de los investigadores al realizar la revisión bibliográfica fue la de Cocunubo-Suarez et al. (2018), quienes llegan a concluir que para realizar una evaluación a alguna plataforma e-Learning (o Entornos Virtuales de Enseñanza Aprendizaje – EVEA) “es fundamental tener en cuenta 4 aspectos pedagógicos (contenido, modelo, evaluación, interfaz de usuario, herramientas); sin relación con ninguna característica del estándar ISO 25000” (p. 144); y es aquí donde entramos a discusión y llegamos a argumentar que dos de los aspectos pedagógicos que se mencionan (herramientas e interfaz de usuario), al no relacionarlos con ninguna característica del estándar ISO mencionado, no se tomarían en cuenta durante el proceso de medición de la calidad por medio del estándar ISO/IEC 25000, y esto ocasionaría que la calidad aportada a la plataforma e-Learning sea deficiente. Debido a ello, el presente artículo incluirá estos aspectos pedagógicos dentro del modelo propuesto para obtener una correspondencia entre los temas ligados a la enseñanza y la calidad brindada por las características del estándar ISO/IEC 25000 que darán soportes a esos aspectos pedagógicos.

Otra de las observaciones que los investigadores se percataron al momento de realizar este estudio es la poca intervención e inclusión explícita de personas especialistas (actores)

dentro de los modelos de evaluación de la calidad del producto software, específicamente de las plataformas e-Learning. Siempre que se menciona algún actor es tomado como una persona externa a los modelos y solamente interviene en etapas tardías del proceso de desarrollo o en auditorías de calidad del producto. La acotación que hace (Baldeón, 2015) en su investigación, nos indica que “la aplicación del método para la evaluación de calidad permitió asegurar que el equipo de desarrollo plasme adecuadamente lo que el usuario necesita”. Esto da un claro aporte al conseguir una relación entre equipo de desarrollo, utilización del método de evaluación y usuarios finales. En este artículo el modelo propuesto tiene muy en cuenta a las personas que deben tomar parte en todo momento del proceso de evaluación, tales como personal especializado y usuario final, de tal modo que trabajando conjuntamente puedan llegar a adquirir una plataforma e-Learning que cubra todos (o casi todos) los requerimientos, y así la calidad del software que ellos merecen esté garantizada.

Por último, se debe destacar que el modelo hace énfasis en aportar calidad suficiente a la plataforma e-Learning para que al ser utilizada por el docente le ayude en el proceso de enseñanza-aprendizaje; tanto en una etapa pasiva del proceso, al elaborar y construir su material bajo una estrategia didáctica; así como también en la etapa activa del proceso, donde habrá participación del estudiante con quien desarrollará el material, evaluará y realizará el respectivo seguimiento (Meneses, 2007). Es debido a todo este proceso que el modelo propuesto basado en normas ISO/IEC 25000 será de gran ayuda para que los centros de entrenamiento superior logren obtener la plataforma e-Learning adecuada.

## Conclusiones

Por los resultados obtenidos, en los centros de entrenamiento superior se puede medir y mejorar la calidad de una plataforma e-Learning, cumpliendo para ello con nueve atributos: estandarización, flexibilidad, funcionalidad, interactividad, accesibilidad, usabilidad, ubicuidad, escalabilidad, persuabilidad. Y para lograr este cometido, cada atributo debe estar soportado por una o más características seleccionadas de la familiar de normas ISO/IEC 25000, cada una con sus métricas o aspectos básicos.

El análisis hecho en la documentación muestra que los modelos de evaluación de calidad de software no precisan a los actores que deben involucrarse en la medición. Por consiguiente, el modelo presentado en este artículo propone incluir al menos dos actores que forman parte del centro de entrenamiento superior, quienes estarán inmersos en el proceso de medición y evaluación de la calidad en las plataformas e-Learning.

Se espera que el modelo basado en la familia de estándares internacionales ISO/IEC 25000 propuesto en este artículo sirva como herramienta fundamental dentro de los centros de entrenamiento superior que deseen determinar la calidad en sus plataformas e-Learning, y de esta manera lograr que la tecnología ayude a sus docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, el modelo es presentado para que los investigadores interesados ahonden en los temas relacionados con la construcción y evaluación de plataformas e-Learning de calidad siguiendo normas internacionales ISO.

## Referencias

- Baldeón, E. J. (2015). Método para la evaluación de la calidad del software basado en ISO/IEC [Tesis de Maestría]. In Universidad de San Martín de Porres. [http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/1480/baldeon\\_vej.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/1480/baldeon_vej.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bernal, C. A. (2010). Metodología de la Investigación. In Pearson Educación (Tercera). Pearson Educación.
- Blázquez Barba, M., Gómez Romero, D., Frontaura Fernández, I., Camacho Ojeda, A., Rodríguez Salas, F. M., & Toriz Cano, H. (2018). Uso de Internet por los adolescentes en la búsqueda de información sanitaria. *Atención Primaria*, 50(9), 547–552. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2017.06.005>
- Callejas-Cuervo, M., Alarcón-Aldana, A. C., & Álvarez-Carreño, A. M. (2017). Modelos de calidad del software, un estado del arte. *ENTRAMADO*, 13(1), 236–250. <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25125>
- Castro, S. M., Clarenc, C. A., Lopez de Lenz, C., Moreno, M. E., & Tosco, N. B. (2013). Analizamos 19 plataformas colaborativas de e-learning: Investigación colaborativa sobre LMS. In Congreso Virtual Mundial de e-Learning. <https://docplayer.es/485121-Analizamos-19-plataformas-de-e-learning-investigacion-colaborativa-sobre-lms.html>

- Cocunubo-Suarez, J. I., Parra-valencia, J. A., & Otárola-Luna, J. E. (2018). Propuesta para la evaluación de Entornos Virtuales de Enseñanza Aprendizaje con base en estándares de Usabilidad. 21(41), 135–147. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6289039>
- Deming, W. E. (1989). Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis. In Google Libros (Cambridge). <https://books.google.com.pe/books?id=d9WL4BMVHi8C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Gómez, D. A. (2015). Analítica Visual en Elearning [Tesis de Doctorado]. In Universidad de Salamanca. <https://gredos.usal.es/handle/10366/125950>
- ISO 25000. (2020). La familia de normas ISO/IEC 25000. ISO 25000. <https://iso25000.com/>
- James, J. (20018). CHAOS Report: Decision Latency Theory: It Is All About the Interval. In The Stadish Group. [https://books.google.com.pe/books?id=WVIQDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=WVIQDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Meneses, G. (2007). El proceso de enseñanza- aprendizaje: el acto didáctico. In NTIC, Interacción y Aprendizaje en la Universidad (pp. 31–65). <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8929/Elprocesodeensenanza.pdf>
- Miguel, P, Mauricio, D., & Rodríguez, G. (2014). A Review of Software Quality Models for the Evaluation of Software Products. International Journal of Software Engineering & Applications, 5(6), 31–53. <https://doi.org/10.5121/ijsea.2014.5603>
- Morales Ramírez, A., Zacatenco Cruz, J. D., Luna Luna, M., García Lozano, R. Z., & Hidalgo Cortés, C. (2020). Acceso y actitud del uso de Internet entre jóvenes de educación universitaria. Revista Digital de Investigación En Docencia Universitaria, 14(1), 20–29. <https://doi.org/10.19083/ridu.2020.1174>
- PMI. (2017). Success Rates Rise: Transforming the high cost of low performance. Pulse of the Profession - 9th Global Project Management Survey, 1–32. <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2017.pdf>
- Ramos, R. C. B., Villagran, N. V., Yoo, S. G., & Quina, G. N. (2018). Software Quality Assessment Applied for the Governmental Organizations using ISO/IEC 25000. 2018 5th International Conference on EDemocracy and EGovernment, ICEDEG 2018, 311–316. <https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2018.8372327>
- Rodríguez, M. (2020). Desarrollo de Software a la Medida VS Software Comercial. Medium. <https://medium.com/@MiltonRod/desarrollo-de-software-a-la-medida-vs-software-comercial-7c3329f876fe>

Sanchez, W. (2011). La usabilidad en Ingeniería de Software : definición y características. *Ing-Novación*, 02, 7-21. <https://core.ac.uk/download/pdf/47264961.pdf>

Vaca, T., & Jácome, A. (2018). Calidad de software del módulo de talento humano del sistema informático de la Universidad Técnica del Norte bajo la norma ISO/IEC 25000. *ResearchGate*, May, [https://www.researchgate.net/publication/325022337\\_Calidad\\_de\\_software\\_del\\_modulo\\_de\\_talento\\_humano\\_del\\_sistema\\_informatico\\_de\\_la\\_Universidad\\_Tecnica\\_del\\_Norte\\_bajo\\_la\\_norma\\_ISOIEC\\_25000](https://www.researchgate.net/publication/325022337_Calidad_de_software_del_modulo_de_talento_humano_del_sistema_informatico_de_la_Universidad_Tecnica_del_Norte_bajo_la_norma_ISOIEC_25000)

Viñas, M. (2017). La importancia del uso de plataformas educativas. *Letras*, 1(6), 157-169. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61390>

## Modelo de seguridad informática para un medio de conexión pública

Gilberto Carrión-Barco\*  
Manuel-Jesús Sánchez-Chero\*\*  
Consuelo Ivonne Del Castillo Castro\*\*\*  
Freddy William Campos Flores\*\*\*\*  
Marcos Timaná Alvarez\*\*\*\*\*

### RESUMEN

Hoy en día, las organizaciones hacen todo lo posible para mantener el control y ayudar a proteger sus redes corporativas y su activo de información de las amenazas cibernéticas, es por ello que se hace necesario garantizar la seguridad de los datos mientras viaja por la red pública. Frente a esta situación se circunscribe la presente investigación, teniendo como propósito la elaboración de un modelo de seguridad informática que garantice el intercambio de información académica para un medio de conexión pública entre la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y el Centro Pre Universitario de la entidad. El estudio fue de tipo aplicada, con un alcance cuantitativo – explicativo y diseño no experimental de tipo transversal. La muestra estuvo constituida por un total de 29 técnicos especialistas en tecnologías de la información de las diferentes oficinas de la Universidad, el instrumento utilizado fue el cuestionario, el cual estuvo conformado por 20 reactivos dividido en dos dimensiones: conexión de la red y seguridad informática. Como resultado se logró determinar que la conexión de la red y la seguridad informática se encuentran en un nivel bajo y deficiente, respectivamente, por lo que se concluye que la elaboración de un modelo de seguridad informática para VPN permitirá intercambiar información académica de manera segura ente los dos sitios.

PALABRAS CLAVE: Modelo, intercambio, información, seguridad informática, VPN.

\*Docente Auxiliar. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1104-6229>.

\*\*Docente Investigador. Universidad Nacional de Frontera. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1646-3037>. E-mail: [manuel Sanchez Chero@gmail.com](mailto:manuel Sanchez Chero@gmail.com)

\*\*\* Docente Asociado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1512-006X>.

\*\*\*\* Docente Asociado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9624-2930>.

\*\*\*\*\* Docente Auxiliar. Universidad Nacional de Frontera. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4222-7372>

Recibido: 25/09/2020

Aceptado: 19/11/2020

## Computer security model for a public connection medium

### ABSTRACT

Today, organizations do everything possible to maintain control and help protect their corporate networks and their information assets from cyber threats, which is why it is necessary to guarantee data security while traveling through the public network. Faced with this situation, this research is circumscribed, having as its purpose the elaboration of a computer security model that guarantees the exchange of academic information on a means of public connection between the Pedro Ruiz Gallo National University and the Pre-University Center of the entity. The study was of an applied type, with a quantitative-explanatory scope and a non-experimental cross-sectional design. The sample consisted of a total of 29 specialists in information technology from the different offices of the University, the instrument used was the questionnaire, which was made up of 20 items divided into two dimensions: network connection and computer security. As a result, it was possible to determine that the network connection and computer security are at a low and deficient level respectively, so it is concluded that the development of a computer security model for VPN will allow the exchange of academic information in a secure way between the two sites.

KEYWORDS: Model, exchange, information, computer security, VPN.

### Introducción

Actualmente los sistemas de información, los datos contenidos en ellas y la información son los activos más valiosos para las organizaciones, por lo que se hace necesario brindarles una protección adecuada frente a las posibles intrusiones derivadas de las vulnerabilidades existentes en sus sistemas de seguridad (Solarte et al., 2015).

En cuanto al estado actual de la seguridad informática en Latinoamérica, según Deloitte (2016), las tendencias en cuanto a la gestión de ciber-riesgos y seguridad informática indican que el 20% de las empresas no tienen centralizado en un área las operaciones de seguridad, por lo que 4 de cada 10 de estas organizaciones fueron vulneradas en la seguridad de sus datos en los últimos 2 años.

Por su parte, las Redes Privadas Virtuales (VPN) de acceso remoto posibilitan a los usuarios implantar una conexión segura a una red informática en una ubicación remota; por lo que es indispensable proteger la VPN para evitar la pérdida de datos del usuario. Deshmukh & Iyer (2017) menciona que el concepto de "Office from home" se viene desarrollando ampliamente.

Las organizaciones transnacionales también están promoviendo este concepto porque es beneficioso para aumentar las horas de trabajo y su eficiencia. En ese sentido, Deshmukh & Iyer (2017) realizaron una encuesta donde mencionan que para el 2025, casi el 50% de las organizaciones adoptarán el concepto anterior. En este caso, los usuarios necesitan acceso remoto a los servidores de la oficina y de la organización.

Como menciona Aung & Thein (2020), en la actualidad las VPN se han convertido en la tecnología más importante y vital para todos los usuarios que están interesados en preservar su privacidad. Mundialmente, Internet maneja alrededor de 71.131 GB de tráfico por segundo; 2.790.265 correos electrónicos y 73.849 búsquedas de Google por segundo. Según la encuesta desarrollada por Ponemon Institute (Ponemon Institute, 2018), el 67% de las pymes admitieron haber sido atacadas en 2018. Por lo tanto, las VPN, son una manera competente que puede resguardar toda la información a través del uso de Internet evitando que se utilice de manera equivocada.

La información es considerada como un activo muy importante para las organizaciones. Las universidades requieren de esta información para realizar sus operaciones cotidianas (Tang et al., 2016). Sin embargo, con el devenir de la tecnología emergen nuevas formas de ataque que ponen en riesgo la información académica. Internet al ser una red pública, constituye una gran puerta por la cual ingresan constantes ataques que logran vulnerar la seguridad informática de la organización (Sohrabi Safa et al., 2016).

En este sentido, las aplicaciones informáticas, las aplicaciones de red y las tecnologías de la información, cumplen un rol preponderante en el contexto de las universidades. Los campus universitarios están demostrando ser uno de los lugares con mayor tecnología desplegada en sus recintos al ofrecer servicios con soporte en Wi-Fi, aprendizaje remoto, servicios de biblioteca digitales, virtualización de cursos, entre otros. Todo este avance conlleva a que la infraestructura informática de la universidades sea vulnerable, que constantemente se someta a ataques y la información se vea expuesta a diferentes tipos de amenazas por parte de usuarios mal intencionados que tratan de vulnerar los controles informáticos (Joshi & Singh, 2017).

Los centros superiores de estudio afrontan una problemática relacionada con las medidas de seguridad de la información, mientras que por un lado se denota un bajo compromiso en

mejorar la seguridad, por otra parte se dificulta implementar políticas y controles para garantizar la protección de los datos; existen razones para que se produzca lo antes mencionado: falta de capacitación al personal, inadecuada aplicación de políticas de seguridad, desconocimiento de vulnerabilidades y compromiso de la organización con la seguridad informática (Esparza et al., 2020).

En el ámbito local, la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG) tiene dentro de su estructura orgánica a la Unidad de Infraestructura Tecnológica área que depende de la Oficina General de Sistemas Informáticos; esta oficina tiene como responsabilidad el diseño, planificación, actualización y supervisión de los sistemas informáticos administrativos, académicos y de investigación de la entidad (Estatuto UNPRG, 2017).

La UNPRG, localizada en la ciudad de Lambayeque, intercambia información académica con el Centro Pre Universitario (CPU), el cual se encuentra localizado en la ciudad de Chiclayo, ambos sitios se conectan por medio de la red pública internet. Conocedores de esta realidad problemática suscitada en muchas universidades y en particular en la UNPRG, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera se puede garantizar el intercambio de información académica sobre un medio de conexión pública entre la UNPRG con el CPU de la entidad?

Diversas investigaciones han contribuido con el problema en estudio, tal es el caso de Jing et al. (2016), quienes manifiestan que actualmente el uso de varios campus universitarios junto al intercambio de información son actividades muy comunes que han conllevado a una gran demanda de acceso remoto, lo cual requiere mayor cantidad de requisitos para que la arquitectura de red logre firmeza y eficacia. El objetivo de esta investigación consistió en diseñar una arquitectura de acceso VPN basada en red multi-ISP, combinada con tecnología IPsec VPN y L2TP, priorizando el esquema de referencia para conexiones de redes VPN empresariales. La exitosa implementación de la red planteada puede facilitar una referencia vigorosa de la red de varios campus de conexión para colegios, universidades y empresas.

Como expresan Wu & Xiao (2019), la seguridad de las comunicaciones en Internet se ha convertido en un tema fundamental. La VPN es un método de solución que viene siendo empleada por muchos años, encargada de establecer una red privada que hace uso de tecnología

de túneles en el público; de modo que el objetivo de este documento fue examinar el impacto del desempeño de VPN con diferentes topologías en el campus de red de la Universidad Normal de Beijing, haciendo uso de indicadores de prueba, remitente y receptor, finalmente de la arquitectura experimental. Llegando a la conclusión que al diseñar una topología VPN, se recomienda una topología estrella o en árbol, además del rendimiento de la VPN con el protocolo Softether, superior al del Protocolo L2TP.

Amankwa et al. (2014) mencionan que la seguridad informática alude a la información técnica, dificultades de seguridad e información no técnica (relacionada con las personas), pero la investigación se centra principalmente en problemas técnicos, por lo que se ignoran los problemas no técnicos en relación con las personas. En esa misma línea, Li yong (2015), refiere que la conectividad de la red es un parámetro de gran importancia para medir la confiabilidad de la configuración de la red. Generalmente se usa para analizar la vulnerabilidad, supervivencia y confiabilidad de las redes de comunicación.

A todo esto, tal como menciona Altamirano (2019), los sistemas de información (SI) que en las instituciones educativas se manipulan, en ocasiones están encaminados hacia la misión de la organización, que por lo general poseen un entorno hostil; es por esto que la seguridad informática es una disciplina que integra un conjunto de políticas, procesos, procedimientos, estructuras organizacionales y funciones para ayudar a proteger la confidencialidad, integridad, disponibilidad de los recursos gestionados por los SI independientemente del formato que tengan, sean electrónicos o papel.

Finalmente, esta investigación se justifica puesto que, con la elaboración del modelo seguridad informática se garantizará el envío de información de manera segura sobre un medio de conexión pública poco confiable, como internet entre la UNPRG y el CPU; así mismo, se mejorará el intercambio de información académica contextualizada, permitiendo a su vez que el personal incremente su producción en beneficio de la comunidad universitaria. Así mismo, el presente estudio tiene como objetivo elaborar un modelo de seguridad informática que garantice el intercambio de información académica sobre un medio de conexión pública entre la UNPRG con el CPU de la entidad.

## 1. Metodología

La investigación es aplicada, teniendo un alcance cuantitativo – explicativo y diseño no experimental de tipo trasversal (Bernal, 2010). La muestra estuvo constituida por el conjunto de técnicos especialistas en tecnologías de la información de las diferentes facultades, así como de la oficina de asuntos académicos, de la oficina general de admisión y de la oficina general de sistemas informáticos de la UNPRG, contando con un total de 29 sujetos. Así mismo, como criterios de exclusión se tiene al personal técnico contratado especialista en tecnologías de la información de las diferentes facultades y oficinas de la UNPRG.

El instrumento estuvo conformado por 20 reactivos dividido en dos dimensiones: la primera dimensión corresponde a la conexión de la red; la segunda dimensión se adentra en la seguridad informática. La información recolectada por medio de los instrumentos ha sido validada a través de métodos de consistencia interna (Hernández-Sampieri et al., 2018), teniendo una confiabilidad a través de estadístico de alfa de Cronbach de 0.817, quedando así revelado que la información obtenida fue apta para ser analizada. Posteriormente, con el libro electrónico Microsoft Excel y el software estadístico SPSSv4, se procedió a procesar los datos, en donde no solo se limitó a la recolección de datos sino a la predicción e identificación de las relaciones que se dieron entre las dos variables que luego sirvieron como insumo para fundamentar el modelo propuesto. Los resultados de este análisis fueron presentados por medio de tablas y gráficos teniendo en cuenta las dimensiones, indicadores y variables en estudio.

## 2. Resultados

En el diagnóstico de la situación actual para intercambiar información académica entre la UNPRG y el CPU, se encuestó al personal administrativo vinculado con el área de tecnologías informáticas de la UNPRG, obteniendo los siguientes resultados descriptivos.

**Tabla 1.** Nivel de conexión de la red para intercambiar información académica

Rango	Nivel de conexión	Conexión de la red	
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
85 – 100	ALTO	1	3.4%
57 – 84	MEDIO	12	41.4%
0 – 56	BAJO	16	55.2%
	TOTAL	29	100%

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 1, el 55,2% de los encuestados de la institución, manifiestan que la infraestructura de red no es la óptima, lo que denota que la conexión de la red presenta un nivel Bajo y apenas el 3,4% indica que la conexión de red para intercambiar información académica es Alta.

**Tabla 2.** Nivel de seguridad informática para intercambiar información académica.

Rango	Nivel de seguridad	Seguridad Informática	
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
85 – 100	EFICIENTE	2	6.9%
57 – 84	POCO EFICIENTE	10	34.5%
0 – 56	DEFICIENTE	17	58.6%
	TOTAL	29	100%

Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla 2, los encuestados mencionan que al intercambiar información académica, ésta se expone a cualquier tipo de vulnerabilidad, denotándose que el 58,6% lo califican con un nivel Deficiente y tan solo el 6,9% de los encuestados manifiesta que el nivel de seguridad para intercambiar información académica es Eficiente.

En virtud de los resultados y después evaluar el nivel de conexión y el nivel de seguridad de la infraestructura tecnología de la UNPRG, se plantea el siguiente modelo de seguridad informática para VPN que facilite el intercambio de información académica entre dos sitios (ver

Figura 1). El modelo propuesto consta de dos ejes basados en las dimensiones del objeto de estudio; (a) Gestión de conexión de la red y (b) Gestión de la seguridad informática.

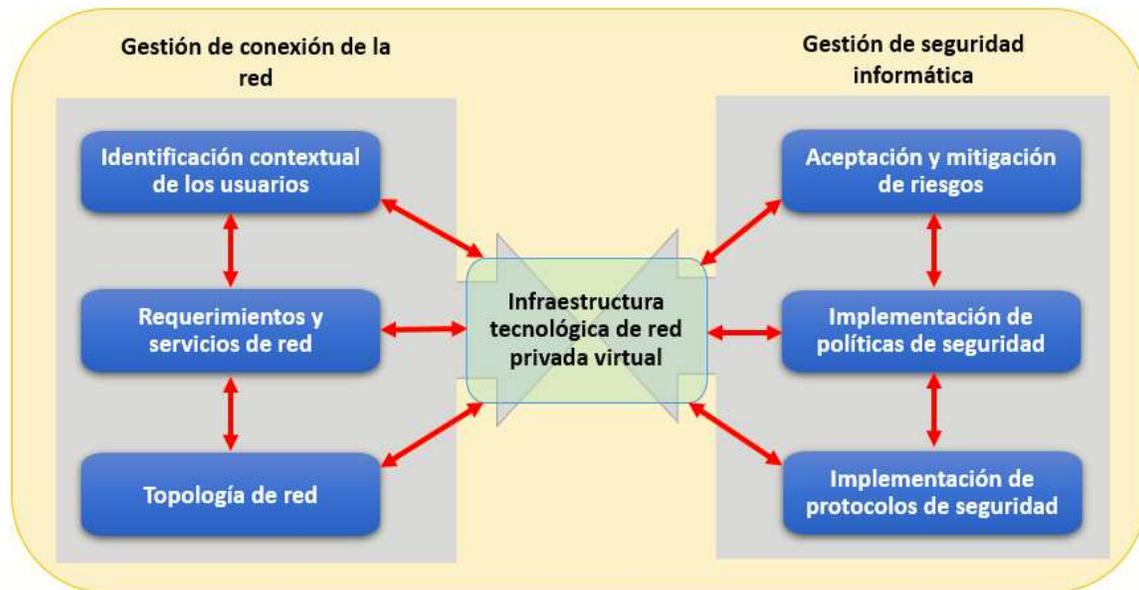


Figura 1. Modelo de seguridad informática para VPN

Fuente: Elaboración propia

El primer eje describe de manera general los aspectos requeridos para el diseño e implementación de la VPN, y que además incluye las aplicaciones de escritorio, aplicaciones móviles, así como también aplicaciones de software cliente / servidor, todas ellas necesarias para transmitir y recibir información, soportadas bajo la infraestructura de las redes LAN/WAN. Es necesario considerar en este eje los servicios de red, los cuales permitan atender las solicitudes de acceso y procesamiento de la información entre diferentes sitios, tanto locales como remotos. Este eje está conformado por la identificación de usuarios de red, los requerimientos y servicios de red, la topología de red y todos estos elementos confluyen en la infraestructura tecnológica de la VPN.

El segundo eje es el encargado de la gestión de la seguridad informática y contiene los elementos necesarios para aceptar y mitigar riesgos, implementar protocolos y políticas de seguridad. Ambos ejes bifurcan en la infraestructura tecnológica de red privada virtual, constituyendo a su vez el núcleo principal para generar, actualizar, mantener, proteger e intercambiar información entre los sitios de la universidad.

Para complementar el modelo de seguridad informática, se propone la siguiente topología de red: diagrama de topología física y el diagrama de topología lógica (Cisco Netacad, 2012).

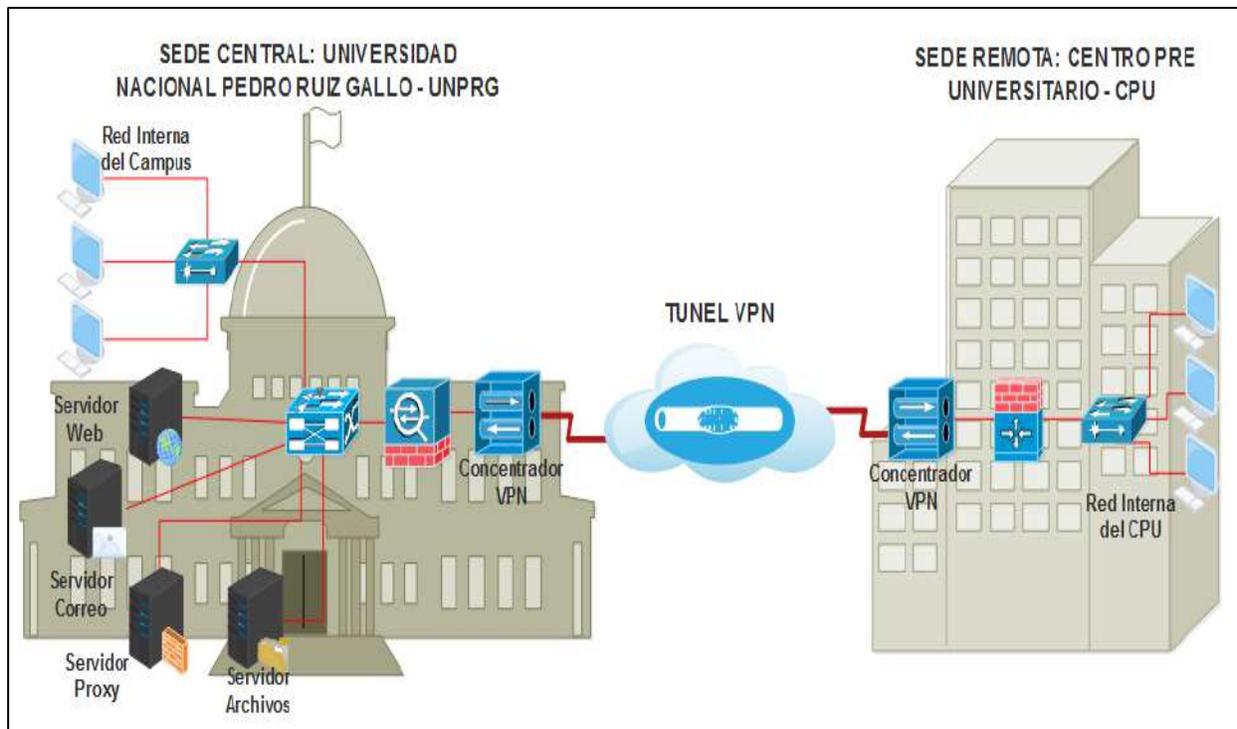
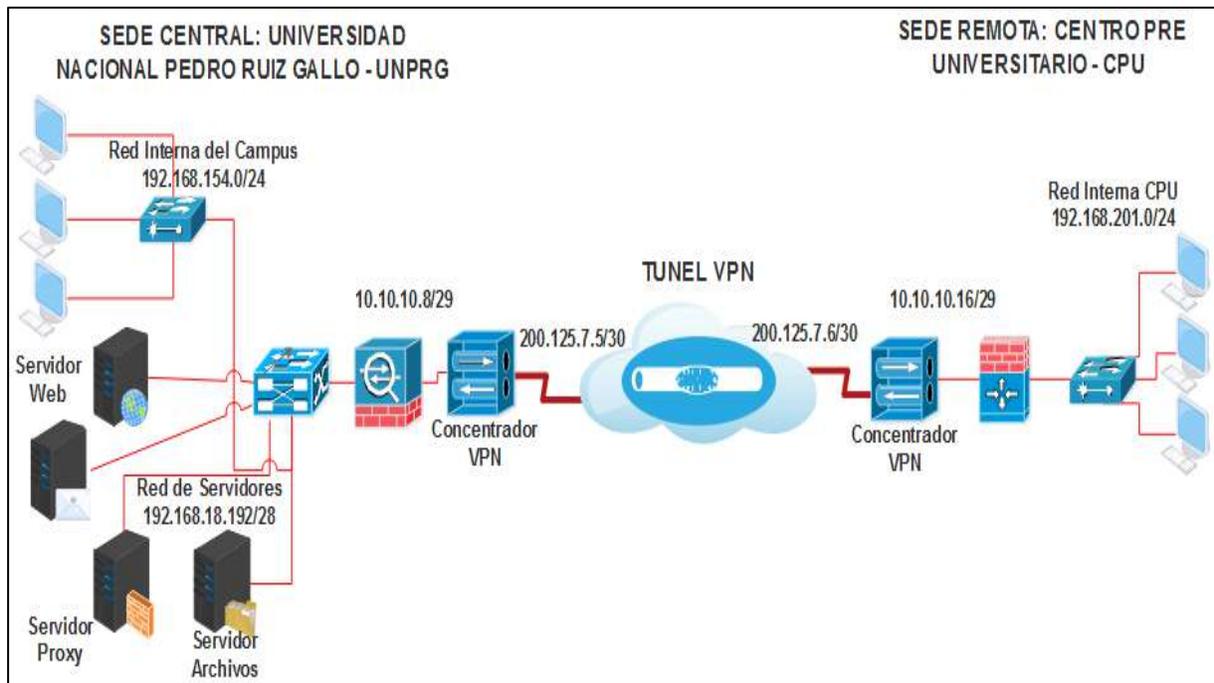


Figura 2. Diagrama de topología física de la red VPN  
Fuente: Elaboración propia

El diagrama de topología física, en el cual se describe la arquitectura física de la red privada virtual y los componentes que la constituyen tales como: routers con capacidad VPN, dispositivos de seguridad multifunción y dispositivos de autenticación y administración central para la agregación y la terminación resistentes de las conexiones VPN, switch multicapa, servidores y dispositivos de usuario final. Véase la figura 2.

Por su parte, el diagrama de topología lógica se encarga de identificar los dispositivos, puertos y esquemas de direccionamiento lógico ipv4. Esta disposición consta de conexiones virtuales entre los nodos de una red. Los protocolos de red asociados definen estas rutas de señales lógicas. Véase figura 3.



**Figura 3.** Diagrama de topología lógica de la red VPN  
Fuente: Elaboración propia

### 3. Discusión

En este artículo se ha logrado determinar que tanto la seguridad informática como la conexión de la red se encuentran en un nivel bajo (ver tabla 1 y 2), lo que evidencia deficiencias en cuanto al despliegue de la infraestructura tecnológica en la institución universitaria, por lo que al poner en marcha el modelo de seguridad informática para VPN se logrará un diseño eficiente de la red de campus y funcionamiento óptimo de la VPN, garantizando con ello intercambiar información académica de forma segura entre la UNPRG y el CPU de la entidad educativa.

La presente investigación se asemeja a la desarrollado por Jing et al. (2016), dado que se propone un modelo de seguridad informática para VPN, el mismo que describe de manera metódica cada uno de los ejes que lo conforman, incluye la identificación de usuarios, la determinación de requerimientos y servicios hasta la topología requerida para el diseño de red, para luego culminar con gestión de riesgos y el manejo de protocolos y políticas de seguridad informática.

En relación a lo investigado por Wu & Xiao (2019), muestra resultados experimentales a partir de las pruebas de conectividad y seguridad en la red VPN del campus de la Universidad de Beijin, estos resultados beneficiarán a la presente investigación dando pie a que se logre con éxito la implementación del modelo propuesto.

Teniendo como sustento la teoría general de sistemas (De la Peña & Velázquez, 2018), el modelo de seguridad informática para VPN se estructura mediante las dimensiones conexión de la red y seguridad informática, con lo cual se contribuye al diseño de la infraestructura tecnológica de red privada virtual, garantizando la seguridad, escalabilidad y accesibilidad a los recursos y servicios de red y sobre todo certificando la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información.

Es preciso mencionar que las topologías de red descritas en la figura 2 y 3, tributan al modelo propuesto, las cuales guardan relación con la investigación realizada por Zhiyong et al. (2014), en la cual los autores proponen la aplicación de la tecnología VPN en un entorno multi-campus partiendo de una topología lógica y la posterior simulación de la red. Finalmente, concuerda con lo estudiado por Hashiyana et al. (2020) en donde se parte de una topología física y lógica para luego implementarla en un laboratorio de pruebas, logrando de esta forma el diseño e implementación de una VPN en la Universidad de Namibia.

## Conclusiones

En este trabajo se elaboró un modelo de seguridad informática para VPN con la finalidad de intercambiar información académica de manera confiable y segura sobre un medio de conexión pública como internet, entre la UNPRG y el CPU de la organización; para ello se logró determinar que tanto la conexión de la red como la seguridad informática se encuentran en un nivel bajo y deficiente respectivamente.

Lo más importante de la elaboración de este modelo fue el desarrollo de cada uno de los ejes que lo integran, como son la gestión de la seguridad informática y la gestión de conexión de la red, porque con esta propuesta se puede garantizar la seguridad y confiabilidad en el envío de información académica entre los dos sitios de la organización. Lo que más ayudó a elaborar este modelo fue la disposición del personal técnico especialista en tecnologías de la información,

porque se recolectó información precisa y exacta que contribuyó a construir el modelo propuesto.

La propuesta de la topológica de la red tanto en su diseño físico como en su diseño lógico hace que el modelo se vea fortalecido para su posterior implementación al tener una base técnica y escalable sobre la cual se va a montar la infraestructura de la red VPN, garantizando de esta manera que el intercambio de información pueda ser seguro, confiable y rápido entre la sede principal y el CPU.

La seguridad informática debe ser aplicada tanto desde el interior del campus universitario como desde el exterior; más aún, teniendo en cuenta que muchas de las amenazas provienen desde el interior de las organizaciones, se hace indispensable que los usuarios que no cuentan con suficientes conocimientos en seguridad de la información no sean aislados de la red, sino que por el contrario sean incluidos y capacitados.

## Referencias

- Altamirano, M. D. L. (2019). Modelo para la gestión de la seguridad de la información y los riesgos asociados a su uso. *Avances*, 21 (2), 248–263. <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/440>
- Amankwa, E., Loock, M., & Kritzinger, E. (2014). A conceptual analysis of information security education, information security training and information security awareness definitions. The 9th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST-2014), 248–252. <https://doi.org/10.1109/ICITST.2014.7038814>
- Aung, S. T., & Thein, T. (2020). Comparative Analysis of Site-to-Site Layer 2 Virtual Private Networks. 2020 IEEE Conference on Computer Applications (ICCA), 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICCA49400.2020.9022848>
- Bernal, C. A. (2010). Metodología de la Investigación. In Pearson Educación (Tercera). Pearson Educacion.
- Cisco Netacad. (2012). 4.4.1.2 Topologías física y lógica. Cisco Networking Academy. <http://itroque.edu.mx/cisco/cisco1/course/module4/4.4.1.2/4.4.1.2.html>
- De la Peña, G., & Velázquez, R. M. (2018). Algunas reflexiones sobre la teoría general de sistemas y el enfoque sistémico en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Educación Superior*, 37(2), 31–44.

Deloitte. (2016). La Evolución de la Gestión de Ciber-Riesgos y Seguridad de la Información. [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pe/Documents/risk/Deloitte\\_2016\\_Cyber\\_Risk\\_Information\\_Security\\_Study\\_-\\_Latinoamérica\\_-\\_Resultados\\_Generales\\_vf\\_\(Perú\).pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pe/Documents/risk/Deloitte_2016_Cyber_Risk_Information_Security_Study_-_Latinoamérica_-_Resultados_Generales_vf_(Perú).pdf)

Deshmukh, D., & Iyer, B. (2017). Design of IPSec virtual private network for remote access. 2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), 716–719. <https://doi.org/10.1109/CCAA.2017.8229894>

Esparza, D. E. I., Diaz, F. J., Echeverria, T. K. S., Hidrobo, S. R. A., Villavicencio, D. A. L., & Ordonez, A. R. (2020). Information security issues in educational institutions. 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), June, 1–7. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9141014>

Estatuto UNPRG. (2017). Estatuto Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. In Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. [http://www.unprg.edu.pe/univ/portal/documentos\\_s/7.ESTATUTO\\_ACTUALIZADO\\_2019\\_DE\\_LA\\_UNPRG.pdf](http://www.unprg.edu.pe/univ/portal/documentos_s/7.ESTATUTO_ACTUALIZADO_2019_DE_LA_UNPRG.pdf)

Hashiyana, V., Haiduwa, T., Suresh, N., & Bratha, A. (2020). Design and Implementation of an IPSec Virtual Private Network : A Case Study at the University of Namibia. 2020 IST-Africa Conference (IST-Africa), 1–6. [https://www.researchgate.net/profile/Valerianus\\_Hashiyana/publication/344542951\\_Design\\_and\\_Implementation\\_of\\_an\\_IPSec\\_Virtual\\_Private\\_Network\\_A\\_Case\\_Study\\_at\\_the\\_University\\_of\\_Namibia/links/5f7f097ba6fdccfd7b4f9bd2/Design-and-Implementation-of-an-IPSec-Virtual-Private-Network-A-Case-Study-at-the-University-of-Namibia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Valerianus_Hashiyana/publication/344542951_Design_and_Implementation_of_an_IPSec_Virtual_Private_Network_A_Case_Study_at_the_University_of_Namibia/links/5f7f097ba6fdccfd7b4f9bd2/Design-and-Implementation-of-an-IPSec-Virtual-Private-Network-A-Case-Study-at-the-University-of-Namibia.pdf)

Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). Metodología de la Investigación. In Mc Graw Hill (Sexta). Mc Graw Hill.

Jing, S., Qi, Q., Sun, R., & Li, Q. (2016). Study on VPN Solution Based on Multi-campus Network. 2016 8th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME), 777–780. <https://doi.org/10.1109/ITME.2016.0180>

Joshi, C., & Singh, U. K. (2017). Information security risks management framework – A step towards mitigating security risks in university network. Journal of Information Security and Applications, 35, 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2017.06.006>

Li yong. (2015). Analysis of network connectivity probability on damage probability. 2015 IEEE Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC), 1056–1059. <https://doi.org/10.1109/IAEAC.2015.7428719>

Ponemon Institute. (2018). 2018 State of Cybersecurity in Small & Medium Size Businesses. November, 46. <https://www.keepersecurity.com/assets/pdf/Keeper-2018-Ponemon-Report.pdf>

Sohrabi Safa, N., Von Solms, R., & Furnell, S. (2016). Information security policy compliance model in organizations. *Computers and Security*, 56, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2015.10.006>

Solarte, F. N. J., Enriquez, E. R., & Benavides, M. del C. (2015). Metodología de análisis y evaluación de riesgos aplicados a la seguridad informática y de información bajo la norma ISO/IEC 27001. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 28(5), 497–498. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/456/321>

Tang, M., Li, M., & Zhang, T. (2016). The impacts of organizational culture on information security culture: a case study. *Information Technology and Management*, 17(2), 179–186. <https://doi.org/10.1007/s10799-015-0252-2>

Wu, Z., & Xiao, M. (2019). Performance Evaluation of VPN with Different Network Topologies. 2019 IEEE 2nd International Conference on Electronics Technology (ICET), 51–55. <https://doi.org/10.1109/ELTECH.2019.8839611>

Zhiyong, L., Bo, Y., Jian, W., & Zhongnan, Z. (2014). Application of VPN Technology in Multi-campus Adult Education Platform. 2014 7th International Conference on Control and Automation, 33–36. <https://doi.org/10.1109/CA.2014.15>

## Evaluación del rendimiento de las arquitecturas de hardware HPS y HPS+FPGA para un sistema de procesamiento de imágenes

Cesar Arturo Niño Carmonal \*  
Manuel-Jesús Sánchez-Chero \*\*  
Emanuel Ortiz Ortiz \*\*\*  
Juan Carlos Sernaque Julca \*\*\*\*  
Cecilia Lizeth Risco Ipanaqué \*\*\*\*\*

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de las arquitecturas de hardware: Hard Processor System (HPS) y la unión de un HPS con una matriz de compuertas programables o FPGA (HPS + FPGA) para un sistema de procesamiento de imágenes. Se evalúan: el tiempo de ejecución de los algoritmos de procesamiento de imágenes y el consumo de energía. Para una Plataforma SoC se realiza el diseño de hardware en Verilog utilizando los núcleos de video IP del University Program (UP) de Intel - FPGA. Se desarrolla también el software para control y visualización de resultados empleando OpenCV. Se trabajó con imágenes de 320x240 píxeles. Para una aplicación en tiempo real se observó una mejora de 38.8% en el tiempo de ejecución y un consumo 6.85% mayor en la Arquitectura HPS+FPGA respecto a la Arquitectura HPS. La Arquitectura HPS+FPGA supera al HPS y mantiene bajo el consumo de energía.

**PALABRAS CLAVE:** Algoritmos de procesamiento, Arquitecturas de hardware, Plataforma SoC, Rendimiento, Procesamiento de imágenes.

\* Docente Asociado. Universidad Nacional de Piura. Perú. <https://orcid.org/0000-0002-0981-0822>

\*\* Docente Investigador. Universidad Nacional de Frontera. Perú. <https://orcid.org/0000-0003-1646-3037>. E-mail: [manuel Sanchez chero@gmail.com](mailto:manuel Sanchez chero@gmail.com)

\*\*\* Bachiller. Universidad Nacional de Piura. Perú. <https://orcid.org/0000-0002-4222-7372>

\*\*\*\* Bachiller. Universidad Nacional de Piura. Perú. <https://orcid.org/0000-0002-3157-8935>

\*\*\*\*\* Jefa (E) de la Unidad de Tecnología de Información y Comunicación. Universidad Nacional de Frontera. Perú. <https://orcid.org/0000-0002-7936-1495>

Recibido: 03/09/2020

Aceptado: 10/11/2020

## Performance evaluation of HPS and HPS+FPGA hardware architectures for an image processing system

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the performance of hardware architectures: Hard Processor System (HPS) and the union of an HPS with a programmable gate array or FPGA (HPS + FPGA) for an image processing system. The following are evaluated: the execution time of the image processing algorithms and the energy consumption. For a SoC Platform, hardware design is performed at Verilog using the IP video cores of the Intel University Program (UP) - FPGA. The software for control and visualization of results using OpenCV is also developed. We worked with 320x240 pixels images. For a real time application it was observed an improvement of 38.8% in the execution time and a 6.85% higher consumption in the HPS+FPGA Architecture with respect to the HPS Architecture. The HPS+FPGA Architecture outperforms HPS and keeps power consumption low.

**KEYWORDS:** Processing Algorithms, Hardware Architectures, SoC Platform, Performance, Image Processing

### Introducción

La implementación de visión artificial en sistemas embebidos requiere de hardware cada vez más eficiente en términos de capacidades computacionales y consumo de energía. Para la implementación de estos sistemas se vienen utilizando plataformas SoC con algunos problemas de rendimiento como el observado en el trabajo de Espinoza (2016), quien implementó clasificadores HAAR en una laptop donde no hubo retardo; mientras que en un Raspberry PI el retardo fue de 1000 a 2000 milisegundos. Para mejorar esto, se recurre a métodos de aceleración mediante hardware; como por ejemplo, mediante los FPGA, ya que proporcionan una mayor eficiencia energética que las GPU y las CPU y un mayor rendimiento que las CPU como menciona Mittal y Vetter (2015).

Para desarrollar el presente trabajo se utilizó una Plataforma SoC (System on chip, Sistema en un chip) basada en un microcontrolador ARM (Advanced Risc Machine), y FPGA (Field Programmable Gate Array, arreglo de compuertas programables) Terasic Inc. (2018). El término SoC en el nombre de la plataforma es debido a que la tarjeta cuenta con un chip central conformado por un ARM, una FPGA, módulos de comunicación, controladores de memoria,

entre otros; de tal manera que juntos conforman casi un computador completo integrado en un solo chip, siendo necesario conectar algunos pocos periféricos fuera de la tarjeta para funcionar como una minicomputadora. El objetivo de la investigación fue implementar un sistema de procesamiento de imágenes empleando una arquitectura basada en un microcontrolador ARM y una FPGA, a la cual llamaremos en este trabajo como Arquitectura HPS+FPGA, con la finalidad de mejorar el rendimiento en términos de tiempo de ejecución de los algoritmos de procesamiento de imágenes y consumo de energía, con respecto a una arquitectura basada solo en ARM (Arquitectura HPS).

#### 1. Materiales y métodos

En esta investigación se realizó el diseño, configuración e implementación de hardware y software para procesamiento de imágenes en una plataforma SoC de Altera utilizando Quartus como herramienta de diseño de hardware y el lenguaje Embedded C para el desarrollo del software. El diseño en el FPGA se basó en los núcleos del University Program de Intel-FPGA y algunos núcleos de diseño propio, mientras que para el desarrollo en Software se utilizó OpenCV. Se trabajó con imágenes de 320x240 píxeles. Adicionalmente se utilizó un dispositivo de medición en tiempo real de la potencia consumida por la tarjeta SoC DE10Nano como requisito para realizar el análisis del consumo de energía.

El procedimiento para hacer la implementación de la Arquitectura HPS+FPGA en una plataforma SoC basada en FPGA, fue el siguiente:

1. Definición de las consideraciones o criterios previos al diseño de hardware.
2. Diseño e interconexión de núcleos IP para la plataforma SoC DE10-Nano.
3. Desarrollo de software de control y procesamiento de imágenes.
4. Evaluación del rendimiento en función del tiempo de ejecución de algoritmos de procesamiento de imágenes
5. Evaluación del rendimiento en función del consumo de energía.

Se utilizó la técnica de recolección de datos donde se obtuvo, el tiempo de ejecución de los algoritmos de procesamiento de imágenes tanto en la Arquitectura HPS así como en la Arquitectura HPS+FPGA. La instrumentación de recolección de datos fue mediante fichas o guías de observación.

### 1.1. Consideraciones previas al diseño de hardware

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño de hardware:

- El diseño debe permitir futuras modificaciones por lo que es importante conservar recursos de memoria y compuertas lógicas para posibles implementaciones. Adicionalmente, esto permite conservar bajo el consumo de energía.
- Los IP's utilizados para procesar imágenes deben ser de uso libre, por lo que se emplearon los IP's del University Program de Intel-FPGA en su mayoría.
- De los diferentes tipos de memoria disponibles en la Plataforma SoC DE10Nano se consideraron la memoria RAM y la Memoria embebida (OnChip) en la FPGA. Según Martínez (2018), la memoria OnChip Tipo RAM (OCRAM) es la mejor elección cuando se emplean los IP's del University Program debido a su alta tasa de intercambio de datos. Esta memoria es de tamaño limitado por lo que la resolución de las imágenes tiene un máximo de 320x240 pixeles.

### 1.2. Diseño e interconexión de núcleos IP para la plataforma SoC DE10-Nano

Para el procesamiento de imágenes se evaluaron en primer lugar los núcleos IP's prediseñados de Intel-FPGA para el procesamiento de imágenes. Se decidió elegir los núcleos de video IP del University Program (UP), pues son de código abierto y no requieren licencia, Intel Corporation (2018). Para evaluar el rendimiento de las arquitecturas HPS y HPS + FPGA se plantearon tareas distintas: conversión de color desde RGB a Escala de grises, detección de bordes Canny y filtro de mediana.

Para las dos primeras tareas se emplearon los núcleos IP "Color-Space-Converter" y "Edge-Detection" de la suite de video del University Program respectivamente; para el filtro de mediana se ha creado un núcleo IP llamado "video\_filtro\_mediana5x5" compatible con el resto de núcleos del University Program. El núcleo video\_filtro\_mediana5x5 está basado en la matriz

sistólica clásica de ordenamiento, Pimpale (2015), la cual fue generalizada para permitir el ordenamiento de 25 píxeles.

La OCRAM es el almacenamiento principal de las imágenes en la FPGA y el contador de marcos recibe señales de los DMA's. El bloque "Video signal 2" es una abstracción de un conjunto de núcleos encargados de acondicionar la señal de video para poder proyectarla en una pantalla.

El bloque "Linux desktop video signal" son un conjunto de núcleos IP encargados de recibir la señal de video del escritorio Linux LXDE, procedente del HPS y ya estaba originalmente en el diseño de la Arquitectura HPS.

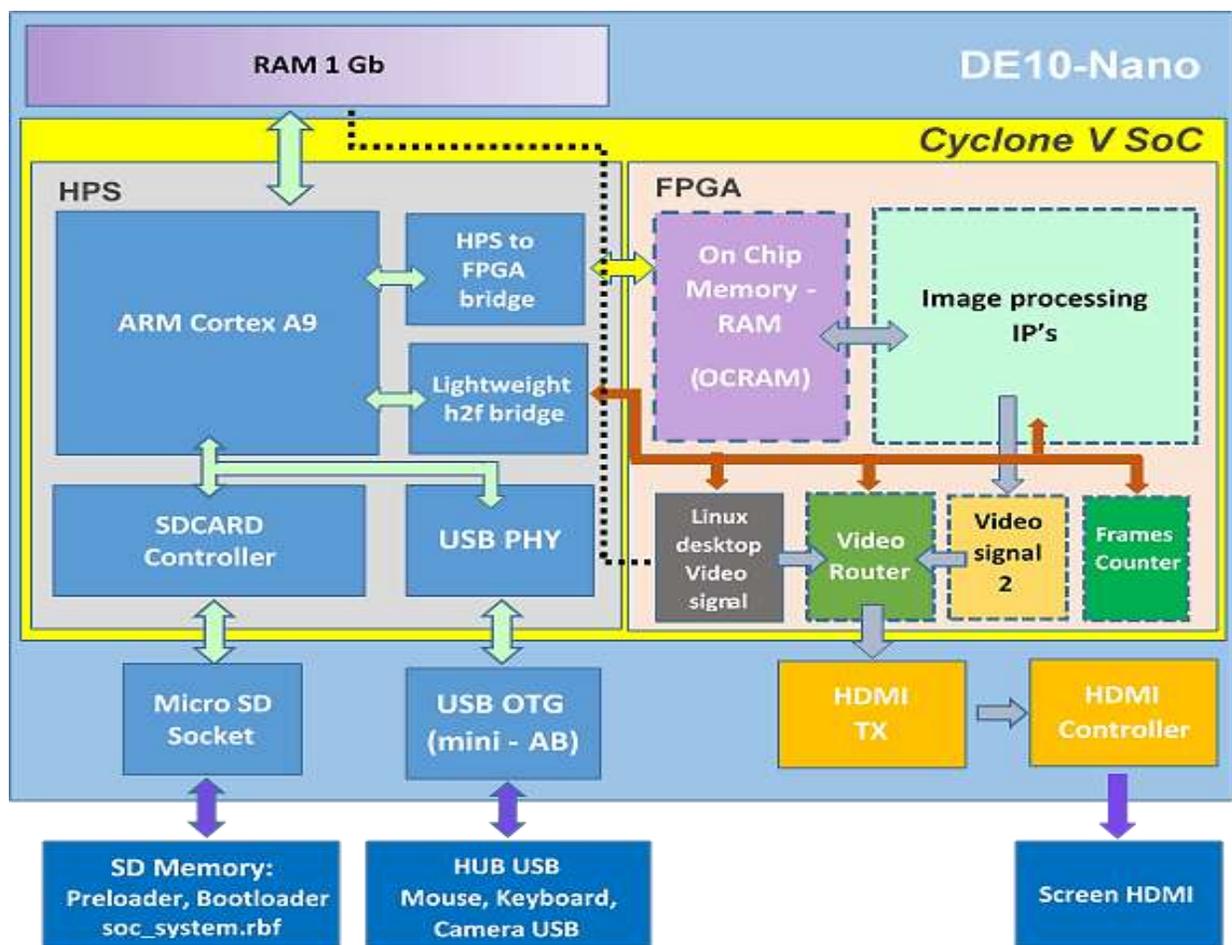


Figura 1. Hardware simplificado de la arquitectura HPS + FPGA  
Fuente: Elaboración propia

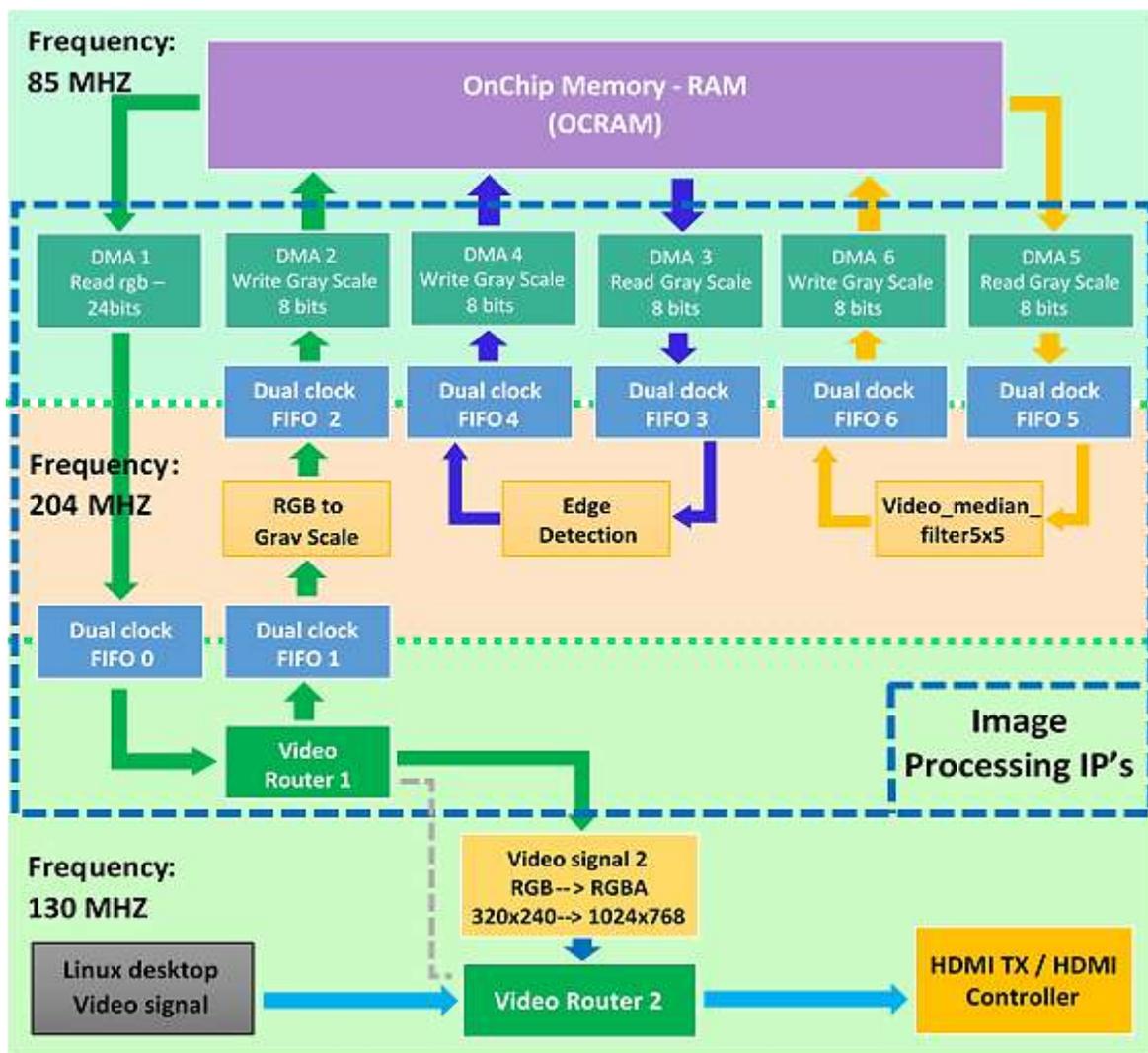


Figura 2. Configuración simplificada del FPGA en la arquitectura HPS + FPGA

Fuente: Elaboración propia

El bloque video Router es utilizado para direccionar la señal de video hacia el transmisor/controlador HDMI (HDMI TX / HDMI Controller), mediante este núcleo IP se puede seleccionar entre la señal de video de Linux y la señal de video procedente de los bloques de procesamiento de imágenes. La forma en que están interconectados los bloques de procesamiento de imágenes (Image Processing IP's) se indica de forma simplificada en la figura 2.

Los controladores DMA son utilizados para leer y escribir imágenes en la OCRAM y se han implementado dos de ellos en cada conjunto de bloques. Existen tres conjuntos de bloques

dedicados a realizar una tarea específica: conversión a escala de grises, detección de bordes y filtrado de mediana. Los bloques Dual Clock FIFO han sido utilizados para adaptar señales de video entre diferentes dominios de reloj.

### 1.3. Desarrollo de software para control y procesamiento de Imágenes

En la figura 3 se muestra una descripción general del software desarrollado para el control de hardware en el FPGA y visualización de resultados. Se han creado dos librerías con las funciones básicas que serán utilizadas para permitir la comunicación entre el HPS y los núcleos IP en el FPGA, así como para el control y configuración de los mismos. Adicionalmente, se ha creado una librería llamada ImageProcessing donde se implementan funciones para procesamiento de imágenes y métodos para la medición de tiempo de procesamiento utilizando la Arquitectura HPS y HPS+FPGA. Estas funciones son llamadas según la lógica planteada en una interfaz de usuario creada para facilitar la toma de datos del rendimiento. La interfaz gráfica se desarrolló con la librería CVUI, la cual es una librería de solo encabezado y depende únicamente de las primitivas de OpenCV, Dovyski.Github.Io. (2018). Todo el software se desarrolló en C/C++.

La librería fpgaT implementa todas las funciones necesarias para establecer comunicación con los núcleos IP implementados en la FPGA. Estas funciones permiten leer y escribir datos. La librería HardwareControl.h es la segunda Capa de software, incorpora funciones específicas que permiten configurar, enviar o leer información desde algún núcleo periférico específico como por ejemplo el video\_router o algún DMA\_controller. Contiene funciones que permiten controlar el funcionamiento de los núcleos implementados en FPGA. Esta librería depende de fpgaT.h.

La librería ImageProcessing es la tercera capa de software. En esta capa de software se implementan funciones para procesar imágenes considerando las tareas de conversión a escala de grises, filtro de mediana y detección de bordes utilizando las Arquitecturas HPS y HPS+ FPGA. Esta librería hace uso de las secuencias implementadas en HardwareControl.h. La escritura de la imagen en la OGRAM se realiza de manera directa mediante el comando memcopy() tomando el trabajo de Frazer (2017).

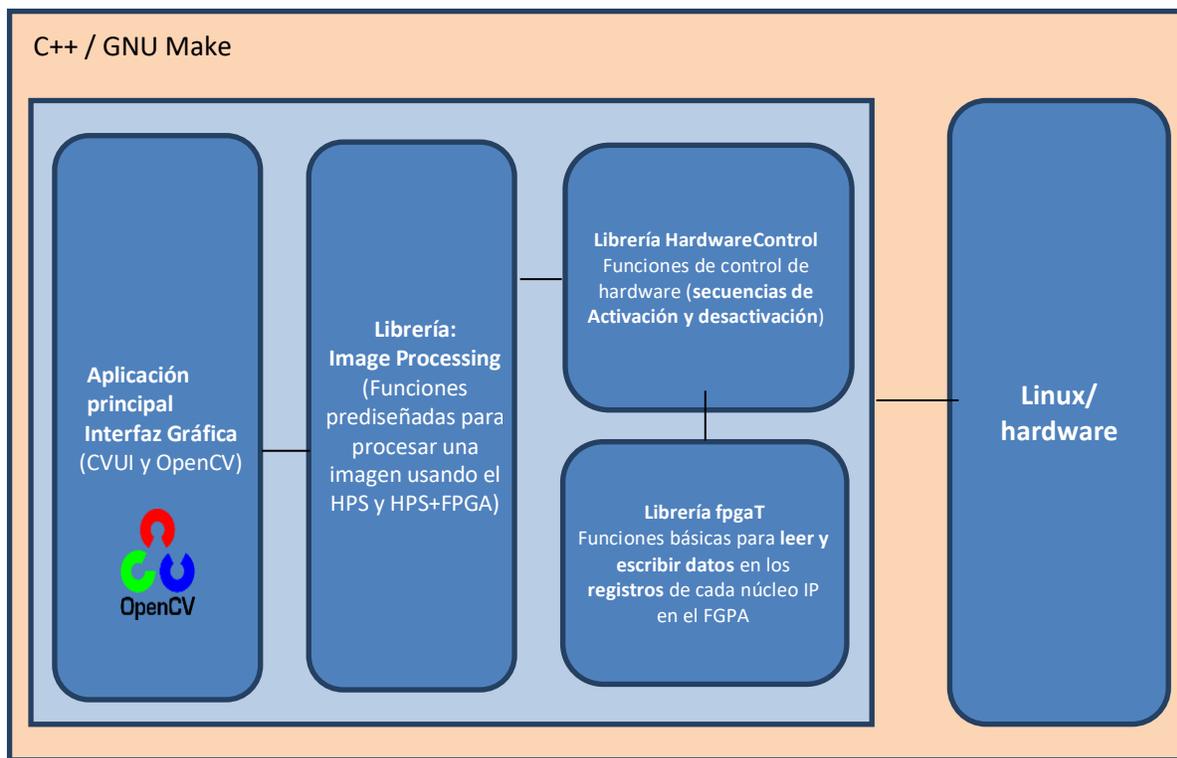


Figura 3. Interfaz de usuario para el control de hardware y procesamiento de imágenes  
Fuente: Elaboración propia

La interfaz gráfica de la figura 4, junto a las librerías ImageProcessing.h y fpgaT.h se unieron en un único programa encargado en realizar el procesamiento de imágenes empleando las arquitecturas HPS y HPS+FPGA dependiendo de las opciones seleccionadas. Además de procesar las imágenes también se realiza la medición del tiempo promedio requerido para ejecutar los algoritmos de procesamiento, la medición del tiempo requerido para la escritura y lectura de la imagen procesada desde el HPS hacia la OGRAM.

En la figura 4 se muestra la interfaz corriendo en la tarjeta DE10Nano. El objetivo de la interfaz es controlar el sistema de procesamiento de imágenes de una manera más interactiva y facilitar la toma de datos respecto al rendimiento de las arquitecturas HPS y HPS + FPGA.

## 2. Resultados y discusión

Para comprobar si la nueva Arquitectura (HPS+FPGA) realiza un correcto procesamiento sobre las imágenes se procedió a evaluar la respuesta por medio de dos imágenes de prueba

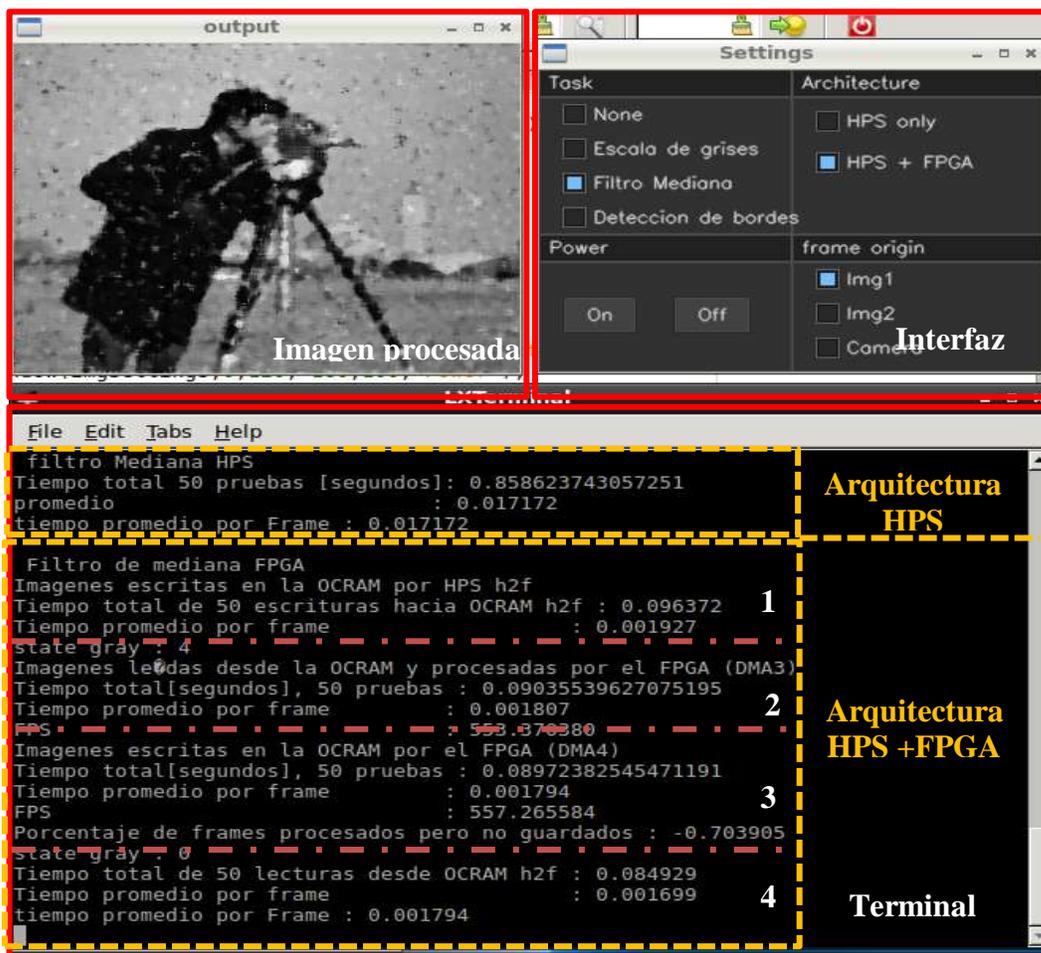
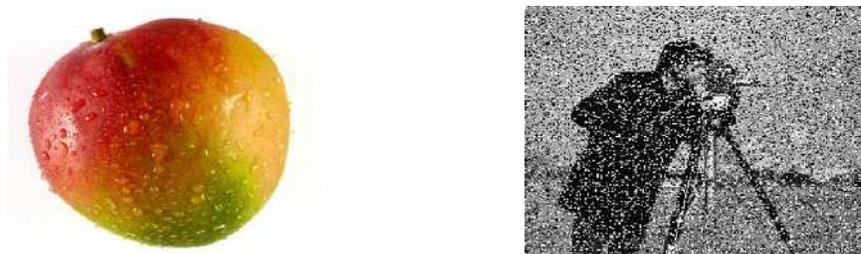


Figura 4. Interfaz gráfica  
 Fuente: Elaboración propia



(a) Imagen a color en formato RGB.

(b) Cameraman en escala de grises contaminada con ruido de tipo "Sal y pimienta."

Figura 5. Imágenes de prueba para el procesamiento de imágenes  
 Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la Arquitectura HPS se utilizó la librería OpenCV para el procesamiento de imágenes y en el caso de la Arquitectura HPS+FPGA se utilizó la suite de video University Program de Intel-FPGA, obteniendo los siguientes resultados:

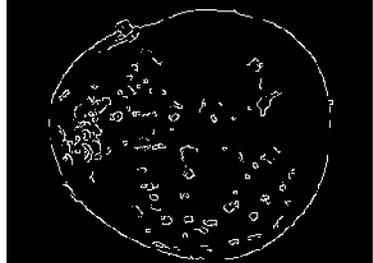
Algoritmo	Arquitectura HPS	Arquitectura HPS + FPGA
Conversión de RGB a escala de grises	 $Y \leftarrow 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B$	 $Y = 0.257 * R + 0.504 * G + 0.098 * B + 16$
Filtro de Mediana (5x5 px)		
Detección de Bordes		

Figura 6. Resultado del procesamiento de Imágenes.  
 Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la conversión a escala de grises es lógico que el resultado no sea exactamente igual cuando es utilizada la arquitectura HPS+FPGA pues para realizar la conversión de color, el núcleo IP SpaceColourConverter, Intel Corporation (2018), trabaja con una ecuación diferente a la utilizada por la función `cvtColor()` de OpenCV, Docs.Opencv.Org. (2020), en la Arquitectura HPS.

Con respecto al filtro de mediana, si se obtiene un resultado muy similar para ambas arquitecturas, pues el filtro de mediana del núcleo `video_median_filter5x5` y la función `medianBlur()` de OpenCV están basados en el mismo principio; es decir, se recorre una ventana de 5x5 píxeles por toda la imagen, estos píxeles son ordenados de forma ascendente o descendente según su valor numérico (0-255), y se toma el valor medio como resultado del filtro Bradski y Kaehler(2008).

Para el Caso del algoritmo de detección de bordes se ha configurado en el HPS teniendo en cuenta las recomendaciones de OpenCV, Docs.Opencv.Org. (2020) y se ha tratado de ajustar el umbral del filtro Canny para que coincida con el resultado obtenido mediante la Arquitectura HPS+FPGA, la cual tiene un umbral definido por defecto, Intel Corporation (2018), solo con la finalidad de evaluar la similitud, pues este umbral depende de necesidades específicas de cada aplicación.

## 2.1. Evaluación del tiempo de ejecución

Con respecto a la Arquitectura HPS+FPGA se consideran tres etapas en el procesamiento de la imagen. La primera comprende la escritura de la imagen en la OGRAM desde el HPS; la segunda es el procesamiento de dicha imagen mediante los núcleos IP implementados en el FPGA; y la tercera etapa es la lectura de la imagen ya procesada mediante el HPS.

Luego de sumar los tiempos promedio para cada etapa y comparar el tiempo total de ejecución de la Arquitectura HPS+FPGA con el obtenido en la Arquitectura HPS se obtienen los datos de la figura 7.

En base a los resultados de la figura 7 se decide asignar las tareas al HPS y al FPGA según el tiempo de ejecución con la finalidad de obtener el mejor desempeño posible en la Arquitectura HPS+FPGA y compararlo con la Arquitectura HPS mediante una aplicación de procesamiento de imágenes basado en tres algoritmos básicos. La aplicación consiste en la adquisición de imágenes por medio de la cámara USB; esta imagen está originalmente en formato de color RGB, pasa por proceso de conversión a escala de grises, luego por un filtro de mediana, después por un filtro gaussiano y un detector de bordes para finalmente mostrar el resultado en la pantalla.

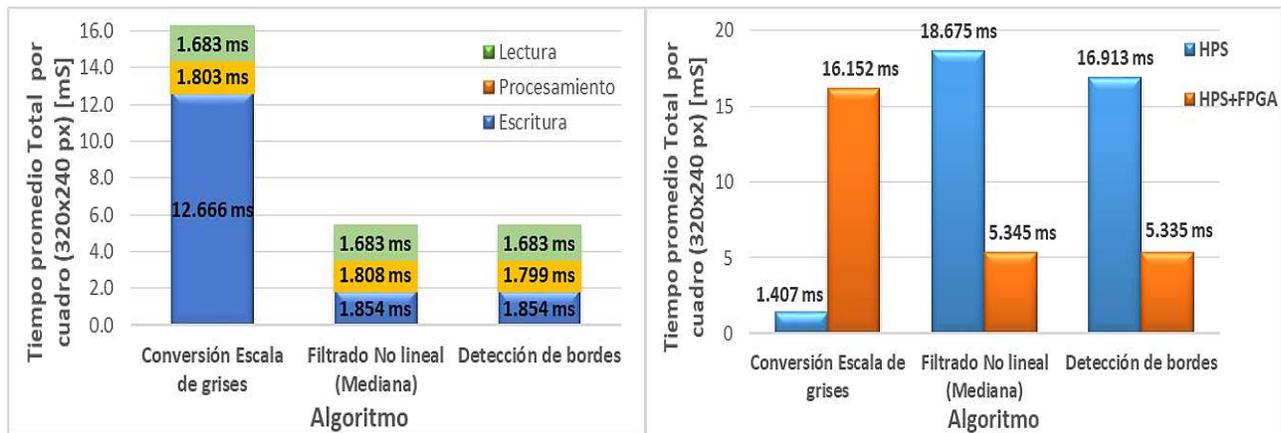


Figura 7. Tempo promedio total de ejecución por imagen (320x240px) en la Arquitectura HPS y HPS + FPGA  
 Fuente: Elaboración propia

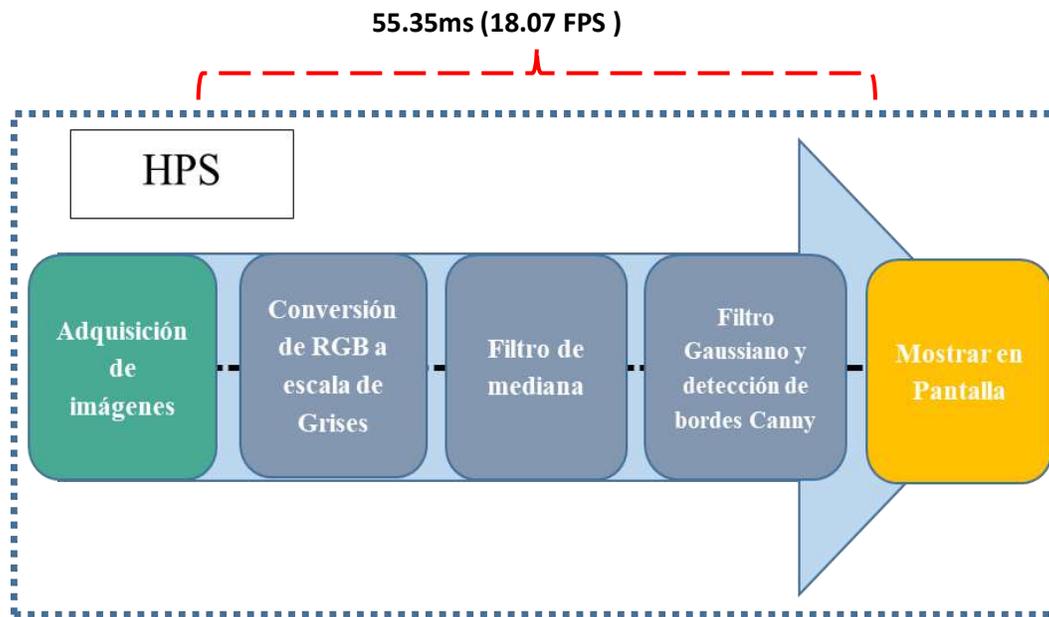


Figura 8. Propuesta de aplicación de procesamiento de imágenes usando Arquitectura HPS.  
 Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura anterior, en la Arquitectura HPS, las tareas solo pueden ser asignadas al HPS, que luego de la experimentación se obtiene un tiempo promedio de 55.35 ms requerido para la ejecución de todo el algoritmo.

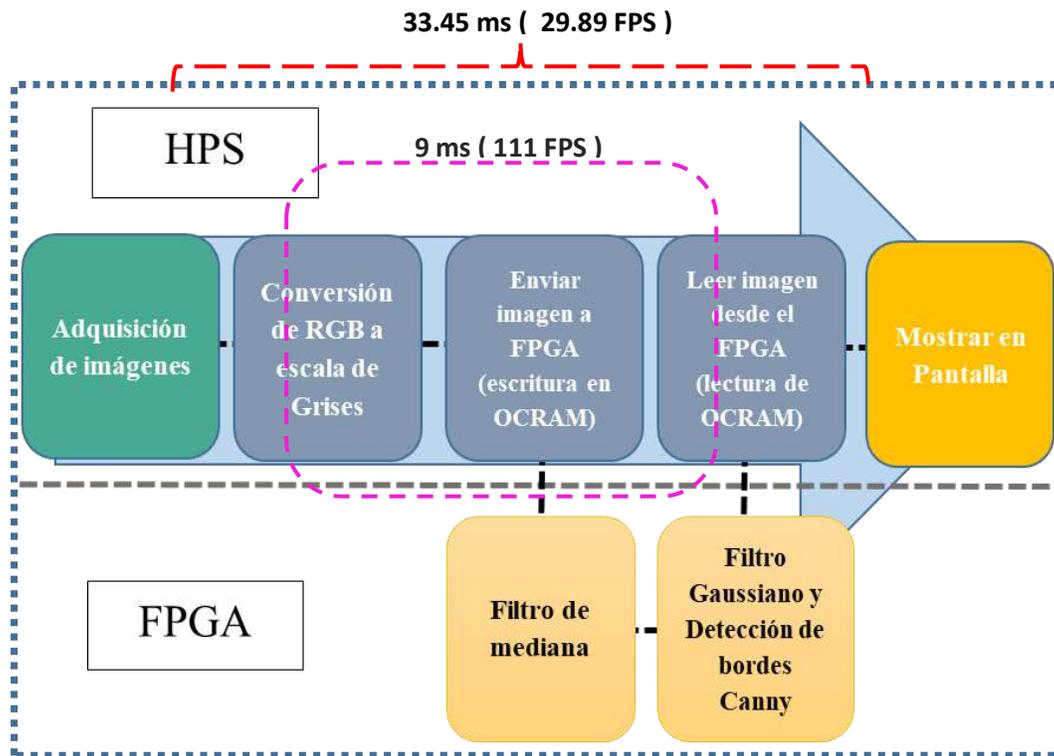


Figura 9. Propuesta de aplicación de procesamiento de imágenes usando Arquitectura HPS+FPGA  
 Fuente: Elaboración propia

En el Caso de la Arquitectura HPS+FPGA es posible asignar las tareas de procesamiento al HPS o al FPGA según sea conveniente, es por ello que en base a los resultados de la figura 7 se planteó asignar el filtrado de mediana y la detección de bordes al FPGA, obteniendo un promedio de 33.45ms como tiempo para la ejecución de todas las tareas (una mejora del 39%), tiempo del cual sólo 9 ms son necesarios para procesar la imagen proveniente de la cámara.

## 2.2. Evaluación del consumo de energía

Al hacer el análisis del consumo de energía por separado, considerando las tres tareas de procesamiento, se obtuvo que ambas arquitecturas presentan un consumo de energía similar en cada una de las tareas.

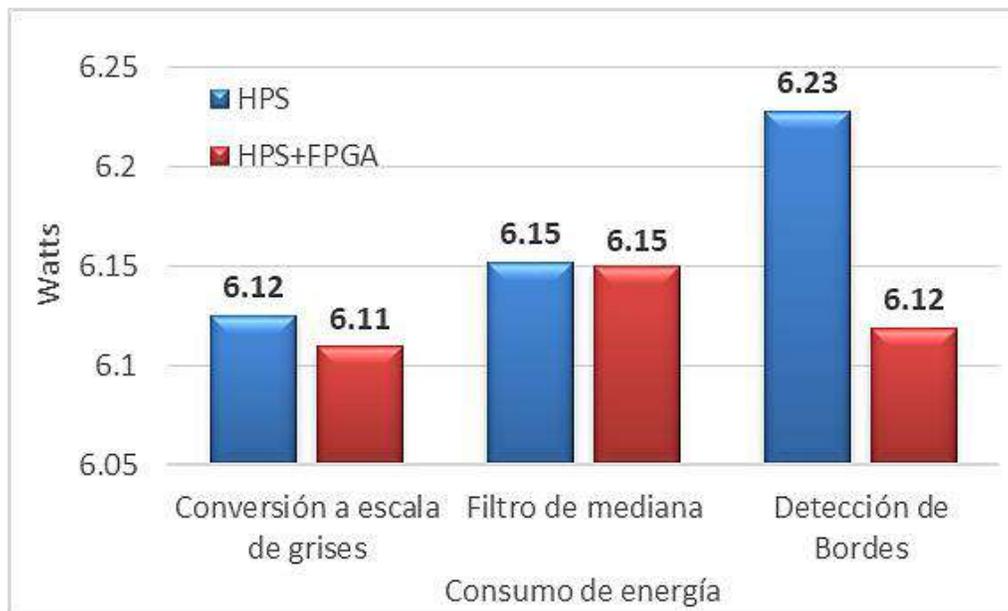


Figura 10. Consumo de energía presentado por la tarjeta DE10-Nano por cada tarea  
 Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, al evaluar el consumo de energía considerando tareas combinadas como las que se presentan en la figura 8 y figura 9, se observó 6.85% más consumo de energía por unidad de tiempo en la Arquitectura HPS+FPGA que en la Arquitectura basada en HPS sólo.

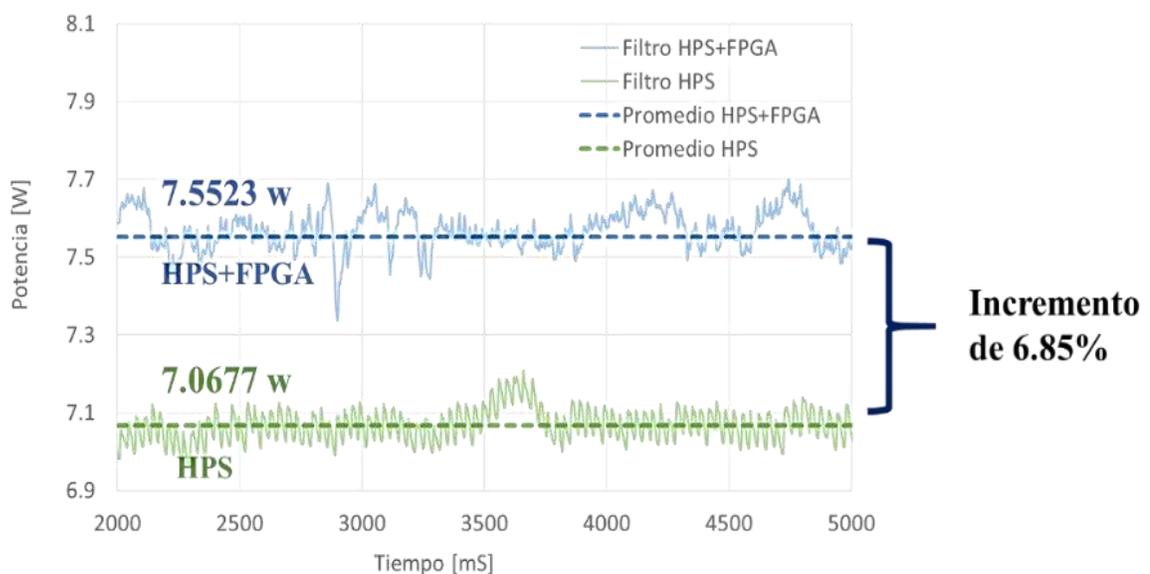


Figura 11. Consumo de energía presentado por la tarjeta DE10-Nano durante la ejecución de propuesta de aplicación.  
 Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

- Con el diseño del hardware para desarrollar la Arquitectura HPS+FPGA se logró satisfactoriamente el intercambio de imágenes entre el HPS y el FPGA, las imágenes procesadas se muestran en una pantalla HDMI usando un sistema operativo basado en Linux que se ejecuta en el HPS de la misma tarjeta. Así mismo, los resultados muestran una mejora en el tiempo de ejecución de los algoritmos de procesamiento de imágenes al utilizar la Arquitectura HPS+FPGA con respecto a la Arquitectura HPS.

- Durante la ejecución de una aplicación de procesamiento de imágenes en tiempo real se observó un consumo de energía de 6.85% más al utilizar la Arquitectura HPS+FPGA. De esta manera se demostró que a más núcleos IP activos a la vez, mayor es el consumo total de energía. Sin embargo, los resultados cubren las expectativas, pues el incremento en el consumo de energía es relativamente bajo mientras que el tiempo de ejecución de los algoritmos mejora notablemente con el uso de la Arquitectura HPS+FPGA en lugar de la Arquitectura HPS.

- Para sistemas embebidos, el desarrollo de la Arquitectura HPS+FPGA puede ser utilizado en tareas o aplicaciones que requieran el uso de visión artificial, pues el tiempo de ejecución es lo suficientemente corto como para permitir aplicaciones en tiempo real. Es posible además aumentar la frecuencia de trabajo de los núcleos de procesamiento de video y de la memoria OnChip en la FPGA, e incorporar otros núcleos de procesamiento de video con la finalidad de poder realizar tareas más complejas en el procesamiento de imágenes.

## Referencias

Bradski, G. y Kaehler, A. (2008). Learning OpenCV. Primera Edición. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.

Docs.Opencv.Org. (2020). Conversiones de espacio de color. Recuperado de [https://docs.opencv.org/3.4/d8/d01/group\\_imgproc\\_color\\_conversions.html#ga4e0972be5de079fed4e3a10e24ef5ef0](https://docs.opencv.org/3.4/d8/d01/group_imgproc_color_conversions.html#ga4e0972be5de079fed4e3a10e24ef5ef0).

Docs.Opencv.Org. (2020). Detector Canny Edge. Recuperado de [https://docs.opencv.org/3.4/da/d5c/tutorial\\_canny\\_detector.html](https://docs.opencv.org/3.4/da/d5c/tutorial_canny_detector.html).

Dovyski .Github.Io. (2018). Cvui. Recuperado de <https://dovyski.github.io/cvui/>.

Espinoza, H. (2016). Diseño e implementación de un sistema de seguridad y alerta para vehículos, basado en reconocimiento facial y localización gps, en una Raspberry pi b plus. Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Control. Escuela Politécnica Nacional.

Frazer, R. (2017). Release tutorials-v1.0.0. Recuperado de <https://github.com/intel-iot-devkit/terasic-de10-nano-kit/releases>.

Intel Corporation. (2018). Fpga University Program. Video IP Cores for Intel® DE-Series Boards. University Program.

Martínez, O. (2018). Diseño de un SOPC (system on programmable chip) para el control de una cámara de 5MP con pantalla táctil en el entorno de trabajo de la tarjeta DE2-115 de Altera. Memoria TFM. Universitat Politècnica De València.

Mittal, S. y Vetter, J. A. (2015). Survey of Methods for Analyzing and Improving GPU Energy Efficiency, ACM Computing Surveys.

Pimpale, A. (2015). Optimized Systolic Array Design For Median Filter In Image Filtration. Tesis para optar el título de Master of Technology In Digital Communication. Patel College of Science & Technology, Bhopal.

Terasic Inc. (2018). DE10-Nano Cyclon V SoC with Dual-core ARM Cortex A9 - User Manual. Primera Edición. Terasic Inc.

## Modelos gerenciales en las medianas empresas de Ecuador y Perú

Oscar Mauricio Romero Hidalgo \*

Marcia Fabiola Jaramillo Paredes \*\*

Martha Cecilia Aguirre Benalcázar \*\*\*

Cesar Javier Quezada Abad \*\*\*\*

### RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo describir los modelos gerenciales de las medianas empresas que se aplican en el mercado de Ecuador y Perú, mediante la investigación del proceso de gestión de prácticas empresariales de múltiples variables que ejercen los gerentes por parte del sector ecuatoriano y peruano. Este estudio se desarrolla para atender el hecho de que no se ha demostrado con sustentos científicos, que se han fomentado modelos de gerencia en los dos países. El contenido y desarrollo corresponden a una investigación de tipo empírica, en la que el análisis parte desde las particularidades administrativas de las medianas empresas, llegando a proponer alternativas de modelos gerenciales. El nivel de la investigación es descriptivo, estableciendo un diseño no experimental transeccional; para el análisis estadístico se utiliza como herramienta de investigación una encuesta con diferentes escalas cualitativas. La técnica fue aplicada a 130 medianas empresas entre directivos y gerentes de Ecuador y Perú. Los resultados muestran que: las empresas planifican sus objetivos institucionales; la experiencia de los empleados incrementa la productividad; se utilizan estándares de calidad en la producción; existen espacios de motivación dentro de la empresa; se han implementado proyectos de innovación que permiten tener una ventaja competitiva en el mercado; entre otras características de las medianas empresas de Ecuador y Perú.

**PALABRAS CLAVE:** Modelos Gerenciales, Prácticas Empresariales, Medianas Empresas.

\*Profesor Titular de la Universidad Técnica de Machala – Ecuador. Doctor en Ciencias Administrativas – UNMSM – Lima – Perú. Magíster en Dirección de Empresas – UASB. Universidad Técnica de Machala. ORCID: [orcid.org/0000-003-0018-5546](https://orcid.org/0000-003-0018-5546). E-mail: [oromero@utmachala.edu.ec](mailto:oromero@utmachala.edu.ec)

\*\*Profesora Titular de la Universidad Técnica de Machala – Ecuador. Magíster en Administración de Empresas – UTMACH. Universidad Técnica de Machala. ORCID: [orcid.org/0000-0002-0477-042X](https://orcid.org/0000-0002-0477-042X). E-mail: [mjaramillo@utmachala.edu.ec](mailto:mjaramillo@utmachala.edu.ec)

\*\*\*Profesora Titular de la Universidad Técnica de Machala – Ecuador. Doctora en Ciencias Administrativas – UNMSM – Lima – Perú. Master en Administración de Empresas – UTMACH. Universidad Técnica de Machala. ORCID: [orcid.org/0000-0002-6168-2899](https://orcid.org/0000-0002-6168-2899). E-mail: [maguirre@utmachala.edu.ec](mailto:maguirre@utmachala.edu.ec)

\*\*\*\*Profesor Titular de la Universidad Técnica de Machala – Ecuador. Doctor en Ciencias Administrativas – UNMSM – Lima – Perú. Doctorando en Análisis Económico y Estrategia Empresarial – Universidad de la Coruña – España. Máster en Gerencia Empresarial – UTMACH. Universidad Técnica de Machala. ORCID: [orcid.org/0000-0001-9877-3084](https://orcid.org/0000-0001-9877-3084). E-mail: [cquezada@utmachala.edu.ec](mailto:cquezada@utmachala.edu.ec)

Recibido: 29/10/2020

Aceptado: 10/12/2020

## Management models in medium-sized enterprises in Ecuador and Peru

### ABSTRACT

This research aims to describe the managerial models of medium-sized enterprises that are applied in the Ecuadorian and Peruvian markets, through the investigation of the management process of multi-variable business practices exercised by managers by the Ecuadorian and Peruvian sectors. This study is developed to address the fact that it has not been proven with scientific support that management models have been promoted in the two countries. The content and development correspond to an empirical type of research, in which the analysis starts from the administrative peculiarities of medium-sized enterprises, coming to propose alternative management models. The research level is descriptive, establishing a non-experimental transectional design; for statistical analysis, a survey with different qualitative scales is used as a research tool. The technique was applied to 130 medium-sized enterprises between executives and managers from Ecuador and Peru. The results show that: companies plan their institutional objectives; employee experience increases productivity; quality standards are used in production; there are spaces for motivation within the company; innovation projects have been implemented that allow to have a competitive advantage in the market; among other characteristics of medium-sized companies in Ecuador and Peru.

KEY WORDS: Management Models, Business Practices, Medium Companies.

### Introducción

El entorno del mercado es cada vez es más exigente para los negocios que se encuentran ofreciendo sus productos o servicios, por ello los administradores de las medianas empresas, están obligados a gerenciar con eficiencia su actividad, mediante el uso de las prácticas de gestión para mantenerse competitivos en el mercado, y así poder tener obtener resultados que generan mayor rentabilidad a la empresa (Arces, et al., 2017).

En el campo empresarial de Ecuador y Perú las pymes a través de su crecimiento económico, han generado muchos retos, los principales obstáculos que se presentan es la captación de nuevos clientes, la innovación de nuevos productos o servicios, esta problemática en el entorno de los negocios, evidencia el interés de determinar como se gestiona, opera y comercializa en las medianas empresas; para identificar estos procesos productivos, operativos,

y administrativos, se requiere de un análisis investigativo de los perfiles de los gerentes que lideran las medianas empresas en ambos países.

La información expuesta muestra un investigación exhaustiva de resultados, tomando como referencia que a partir de un estudio se señalan que de 211 organizaciones empresariales colombianas escogidas no relacionan su modelo de gestión gerencial con la aplicación de desarrollo del conocimiento del talento humano, y con la aplicación de estrategias en el área de gestión humana (Saldariaga Rios , 2013).

En las organizaciones es necesario la intervención de un administrador el cual posea habilidades específicas que le permiten que desde la alta gerencia, realizar la planificación, la coordinación, dirección y ejecución de todas las actividades que se desarrollen en la empresa para beneficio de la misma, además de esto el gerente debe tener la capacidad de liderar a su equipo de trabajo con lo cual se asegura un compromiso para poder obtener mejores resultados en la organización además se debe considerar los recursos necesarios que debe contener el líder para poder obtener un crecimiento organizacional (García, et al., 2017)

Este proceso investigativo está orientado a identificar cuáles son los modelos de prácticas gerenciales, que se fomentan en el mercado ecuatoriano y peruano, y se pretende dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿Qué modelos gerenciales se generan en Ecuador y Perú? Para este estudio se considera establecer una investigación de tipo descriptiva con enfoque cuali-cuantitativo, con fuentes de estudio primarias y secundarias, través de recolección de datos de encuestas porque pretende identificar los modelos gerenciales de los empresarios de 130 medianas empresas.

En lo concerniente a lo cualitativo se reflejará en el manejo textual del resultado de las encuestas de los empresarios, este insumo de información permitirá efectuar un análisis estadístico; mientras que lo cuantitativo se evidenciará mediante la aplicación de un test de preguntas que evaluarán que modelos gerenciales aplican los gerentes de las medianas empresas, en el proceso de datos se utilizará el método factorial.

Este proyecto establecerá modelos gerenciales que visibilicen la gestión de las medianas empresas en los países latinoamericanos, con nuevas y renovadas propuestas de gestión

gerencial, acordes a las necesidades de la sociedad que conlleva a emprender, generar o transformar el tamaño de las empresas.

## 1. Marco teórico

### 1.1. Modelos gerenciales

La administración estratégica con sus fundamentos modernos, fue difundida por primera vez en la década de los sesenta y setenta, las organizaciones desarrollaban sistemas de planeación estratégica formal, considerada como estilos de planeación cuyo futuro predictivo se centraba en el análisis de probabilidades, entre sus teóricos más destacados tenemos a Jhon Von Newman (1949); Peter Drucker (1954); Bruce D. Henderson (1963); Kenneth R. Andrew, C. Ronald Christensen (1969), Mckinsey-GE (1970). A partir de la década de los ochenta su evolución toma el nombre de estilo visionario cuyo futuro impredecible se sostenía en la imaginación de lo posible, el teórico más destacado en ese momento fue Michael Porter (1980). El estilo del aprendizaje evoluciona en la década de los noventa con Henry Mintzberg (1993); Peter Senge (1995); Robert Kaplan, David Norton (1996), y su método se basa en el aprendizaje estratégico de un futuro desconocido que se lo debe enfrentar en base a como comprendemos el momento actual de las empresas.

La gestión gerencial por su naturaleza filosófica y epistémica ha evolucionado a través de los tiempos, siendo la base de muchos teóricos e investigaciones a nivel mundial, considerándose, así como las prácticas estratégicas aplicadas en el contexto empresarial por las grandes empresas posicionadas en el mercado. Sin embargo, las organizaciones avanzan su crecimiento en tamaño y complejidad. La administración estratégica se la gerencia en la gran mayoría por empresas que producen bienes y servicios con vertiginosos cambios tecnológicos, que sobrepasan los límites de la creatividad e innovación, rompen las fronteras donde se crearon llegando a posicionarse en la mayoría de los países del mundo.

El estudio expuesto por Hu y Shi (2016) dan a conocer la influencia que tiene la aplicación de gestiones empresariales, en el área de recursos humanos en relación con la implementación de estrategias de aprendizaje organizacional, que se dan dentro de las empresas chinas frente a un entorno de incertidumbre, puesto que se estaba presentando la dependencia Guanxi, pero a

pesar de ello al momento de evaluar las empresas, los resultados demostraron que existen grandes beneficios por medio de la aplicación de gestiones estratégicas dentro del área de recursos humanos, ya que proporcionan mayor capacidad de aprendizaje, conocimiento y cooperación organizacional, lo cual favorece a su desarrollo y fortalecimiento empresarial, frente a un ámbito externo conflictivo e indeciso.

En las empresas españolas la investigación de las pymes desarrollada por Sánchez y Llorens (2016), pone en relevancia la disparidad y sus limitantes financieras, determinando que la región con menor o mayor desarrollo no se condicionan por las restricciones financieras que inciden en las pequeñas y medianas empresas. Según lo describe la investigación descrita por Ortiz et al. (2010), las certezas experimentales que se generan entre las prácticas gerenciales de las pymes y su información financiera, entendiendo desde todo punto de vista cómo se gestiona la organización moderna, a través de factores especializados en el campo empresarial, tales como la cultura organizacional, las finanzas, el talento humano, y los procesos operativos.

La identificación de factores de las pymes colombianas son condicionados por sus recursos y las capacidades operativas, tales como tecnología, la marca, competencias del emprendedor para solucionar problemas, la búsqueda constante de nuevos escenarios, poder de negociar con los clientes y su vinculación constante con la sociedad; estos resultados definen el perfil del empresario como un estratega dinámico (Franco y Urbano, 2016).

El ámbito empresarial se encuentra en constantes cambios con lo cual las exigencias para los profesionales son mayores con el pasar del tiempo, actualmente los directores deben tener la capacidad de tomar decisiones adecuadas y oportunas para así obtener resultados positivos para la organización y así evidenciar la eficacia, eficiencia y efectividad de la persona a cargo, para la realización de esto es necesario tener un lugar acorde para el desarrollo de las actividades cotidianas lo cual influye directamente en el desempeño, lo afirman Díaz, et al (2018). Por lo tanto, se hace necesario que los gerentes de empresas según lo expresa Segredo, et al (2017) invoquen de forma sustancial la integración de todo el personal que labora en la empresa, ya que por medio de esto se puede tener mayor comunicación entre todos los trabajadores y la información importante será difundida de manera eficiente, con la mayor rapidez para beneficio de la organización.

Actualmente es de gran importancia que el gerente busque la aplicación de las practicas organizacionales dependiendo directamente del entorno, además es de gran relevancia la integración de un sistema donde se realice un análisis de desempeño y a la vez poder reconocer el buen desempeño por medio de las recompensas diversas para que de esta manera exista motivación en todo el personal el cual se verá reflejado en el desempeño en su lugar de trabajo (Reginato y Nuñez, 2016).

Entre las varias teorías que se generalizan como modelos clásicos gerenciales, requieren de un exhaustivo proceso de planteamientos, para caracterizar de este gran abanico, las más comunes y afines a una práctica gerencial acorde a las realidades del mercado empresarial se expresa en la Tabla 1; estas afirmaciones son parte de la estructura de un modelo organizacional.

Tabla 1.- Modelos clásicos gerenciales

Décadas	Estilos	Autores	Año
- Sesenta  - Setenta	Planeación	Jhon Von Newman	1949
		Peter Drucker	1954
		Bruce D. Henderson	1963
		Kenneth R. Andrew, C.	1969
		Ronald Christensen	
		Mckinsey	1970
- Ochenta	Visionario	Michael Porter	1980
- Noventa	Aprendizaje estratégico	Henry Mintzbertg	1993
		Peter Senge	1995
		Robert Kaplan, David Norton	1996

Fuente: Elaboración propia.

## 1.2. Gestión empresarial

El campo de acción de los administradores puede ser enfocado desde tres puntos los cuales son la teoría, práctica y técnica, el gerente que tenga desarrollados estos campos será más competente para poder direccionar una empresa con mayor conocimiento y así poder desarrollar su labor de manera eficiente (Serrano, 2017).

Los gerentes de empresas como lo afirman Flores, et al. (2016) necesitan tener desarrolladas las competencias estratégicas, intratécnicas y de eficacia personal para poder desempeñar su cargo administrativo con lo cual les permita poder direccionar a la empresa por medio del desarrollo de vínculos estratégicos para así poder obtener mayor impacto en el mercado, además es necesario que desarrolle la apertura a los procesos de innovación lo cual permite mejorar procesos dentro de la empresa.

El entorno actual es muy competitivo lo cual impone que los administradores tengan una preparación que les permita tener conocimientos de la teoría y conceptos básicos, para luego ser aplicado en la práctica diaria, lo cual se verá reflejado en el impacto de las decisiones que se tomen en la empresa a través de los juicios de valor, y es necesario que se realice la planeación tanto estratégica, táctica y operativa de manera integral dentro de la empresa (Lombana, et al., 2014).

Establecidos los diversos criterios y teorías de modelos gerenciales propuestos (Tabla 2), y el enfoque que direccionan las principales contribuciones y orientaciones a la gestión empresarial (Tabla 3) de las grandes empresas del mundo, como lo referido en las bases teóricas de la administración estratégica y de la gestión empresarial, se establece variable independiente de los modelos gerenciales y a su vez la variable dependiente la gestión empresarial.

## 1.3. Sector medianas empresas de Ecuador y Perú

De acuerdo a los datos estadísticos por parte de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (SUPERCIAS, 2020) el Ecuador estructura cinco sectores económicos, agricultura y pesca, manufactura, construcción, comercio e inmobiliaria y se dispone de 7040 medianas empresas que representa el 9,05% del total. El Ministerio de la Producción del Perú a través de la base de datos de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración

Tributaria (SUNAT, 2020), disponen de los sectores económicos de comercio, servicios, manufactura, construcción, agropecuario, minería, y pesca, con un aproximado de 2034 medianas empresas que representan el 0,1% del estrato total empresarial.

Tabla 2.- Modelos gerenciales propuestos

Variable	Dimensiones	Indicadores
Modelos Gerenciales	Dirección	Objetivos alcanzados
	Competitividad	Productividad
	Liderazgo	Influencia en el personal
	Control	Rendimiento
	Conocimiento	Evaluaciones
	Técnicas	Eficiencia
		Eficacia

Fuente: Elaboración propia

Bajo estos criterios, que relacionan los modelos clásicos gerenciales, y en contraste con las formas de establecer otros modelos y adaptar la gestión empresarial se plantea la siguiente hipótesis: Los modelos gerenciales del entorno mundial se adaptan y permiten el crecimiento de las medianas empresas de Ecuador y Perú.

Partiendo del tamaño y características particulares y similares de las empresas ecuatorianas y peruanas, establecen su propia gestión empresarial con un comportamiento gerencial adaptable a los cambios del mercado propio de ambos países.

Tabla 3.- Gestión empresarial propuesta

Variable	Dimensiones	Indicadores
Gestión Empresarial	Habilidades	Desempeño
	Capacidad	Aptitud
	Oportunidades empresariales	Innovación
		Crecimiento económico
	Solución de problemas	Toma de decisiones
	Capital humano	Adaptación
		Eficiencia
		Eficacia

Fuente: Elaboración propia

## 2. Materiales y métodos

El enfoque metodológico se enmarca en la siguiente pregunta ¿Qué modelos gerenciales se generan en las medianas empresas de Ecuador y Perú? tomando en consideración las teorías establecidas en el mundo, sobre la gestión empresarial, su adaptación de acuerdo al tamaño de las empresas, y los distintos comportamientos de los entornos de los mercados internacionales. Estos criterios de análisis, se contrastan con distintas formas de gerenciar las medianas empresas en Latinoamérica, ya que, tomando como parte del estudio de investigación, ambos países poseen similitudes y ciertas diferencias, que provocarían un modelo gerenciar prototipo como referencia para el resto de países.

La metodología para emplearse, dentro del análisis de los resultados empieza con un nivel exploratorio y termina como descriptivo, partiendo desde un análisis bibliográfico a través de una contextualización y conceptualización propia del objeto de estudio; y el alcance es de tipo descriptivo estadístico con un enfoque determinante de relación de las dos variables establecidas, y el diseño de la investigación es no experimental de tipo transaccional.

La muestra que se tomó como referencia de las medianas empresas de Ecuador y Perú, fue de tipo no estadística por conveniencia, pero tomando como base un tamaño mínimo de 130 empresas entre las ciudades que más crecimiento económico, se han desarrollado en la producción y comercialización de bienes y servicios, derivados de la inversión interna y externa; esto es lo que ha evidenciado el progreso e impulso de estas importantes ciudades. Por parte de sector ecuatoriano, de las 24 provincias se analizaron 3 provincias de las cuales se toma: Guayas con la ciudad de Guayaquil; Azuay con Cuenca y la Provincia de El Oro con Machala (SUPERCIAS, 2020). Del mercado peruano, de un total de 25 regiones, se escogieron a las ciudades de Lima, Callao, Atalaya, Ucayali, Cajamarca y Tarma (SUNAT, 2020). Se aplicaron un total de 130 encuestas a los empresarios, entre directivos y gerentes de medianas empresas de ambos países, luego del proceso de recolección de datos estadísticos, se logró una base de datos completa con los 130 registros.

En el análisis de los resultados se aplica un conteo de frecuencias relativas de las respuestas de los encuestados, diferenciando entre los datos de los países de Ecuador y Perú para valorar sus cualidades. El criterio base es que para que la diferencia entre dos resultados sea representativa, esta a su vez debe ser de al menos 5% del porcentaje relativo total de toda la información registrada (Gómez, et al., 2013). Lo ideal sería que mínimo el 75% de la información se concentre en máximo el 25% de los elementos propuestos como alternativas. No se consideran relevantes las respuestas apoyadas por menos del 25% de la muestra seleccionada, por el reducido número de opciones de respuesta (Berlanga, et al., 2013). Mientras más cercanos estén los datos a cumplir con estas condiciones, más determinante serán los resultados para los objetivos del presente estudio. Si para cada país no está definido alguno de los componentes, esto no significa que no se apliquen acciones o estrategias, sino que éstas pueden responder al contexto en que se desenvuelve cada mediana empresa consultada.

### 3. Resultados

De los 130 encuestados, 61.5% pertenecen a Ecuador y 38.5% a Perú, siendo Guayaquil y Lima las ciudades con mayor concentración de las empresas consultadas, con 40 y 21.5% del total respectivamente. La mayoría de los encuestados ocupaban el cargo de Gerente (53.8%) en

empresas del sector de servicios (63.8%) cuya participación en el mercado predominantemente es nacional (88.5%). Además, 61.5% de los encuestados corresponden al sexo masculino y el nivel de educación más común fue el de posgrado (58.5%). El promedio de años de actividad de las medianas empresas fue de 11.7 con una desviación estándar de 8 años.

Con respecto a los elementos que describen los modelos gerenciales en las medianas empresas de Ecuador y Perú, los análisis se dividen para los elementos con respuesta única y los de múltiples respuestas. En los cuadros se resaltan, en negritas, los datos que sean mayoría y cuya diferencia con la segunda alternativa sean mayor al 5%, relativizado para el total por país. En resumen, para el primer grupo (Tabla 4) se aprecia que: las empresas sí planifican sus objetivos institucionales en un mediano plazo (en el caso de Ecuador) y hasta en un largo plazo (en el caso de Perú), y éstos son socializados con los empleados; en Ecuador, la frecuencia con la que se supervisa el cumplimiento del avance de los objetivos institucionales es cada 3 meses, mientras que en Perú esta frecuencia es muy variada.

Adicionalmente, las empresas de Ecuador y Perú consideran que: la experiencia de los empleados incrementa la productividad; se utilizan estándares de calidad en la producción; ante una disposición, a los subordinados de la empresa, todos cumplen; sí existen espacios de motivación dentro de la empresa; sí se han implementado proyectos de innovación que permite tener ventaja competitiva en el mercado; frecuentemente se desarrollan planes de contingencia para la resolución de problemas en caso de decisiones fallidas, aunque esta frecuencia puede ser mayor en Ecuador.

Tabla 4.- Respuestas en porcentajes de los ítems de respuesta única

Ítem	Respuestas	Porcentajes	País de la encuesta	
			Ecuador	Perú
I. ¿La empresa planifica sus objetivos institucionales?	Sí	% dentro de País de la encuesta	90,0%	100,0%
		% del total	<b>55,4%</b>	<b>38,5%</b>
	No	% dentro de País de la encuesta	10,0%	
		% del total	6,2%	
Total	% dentro de País de la encuesta		100,0%	100,0%
	% del total		61,5%	38,5%

2. ¿Si su respuesta anterior fue (SÍ) a que tiempo planifica sus objetivos institucionales?	No aplica	% dentro de País de la encuesta	10,0%	
		% del total	6,2%	
	Corto plazo	% dentro de País de la encuesta	25,0%	16,0%
		% del total	15,4%	6,2%
	Mediano plazo	% dentro de País de la encuesta	55,0%	46,0%
		% del total	33,8%	17,7%
Largo plazo	% dentro de País de la encuesta	10,0%	38,0%	
	% del total	6,2%	14,6%	
Total	% dentro de País de la encuesta	100,0%	100,0%	
	% del total	61,5%	38,5%	
3. ¿La empresa ha socializado los objetivos institucionales con sus empleados?	Sí	% dentro de País de la encuesta	85,0%	100,0%
		% del total	52,3%	38,5%
	No	% dentro de País de la encuesta	15,0%	
		% del total	9,2%	
	Total	% dentro de País de la encuesta	100,0%	100,0%
		% del total	61,5%	38,5%
4. ¿Con qué frecuencia supervisa el cumplimiento del avance de los objetivos institucionales de la empresa?	Nunca realizado	% dentro de País de la encuesta	10,0%	
		% del total	6,2%	
	Cada 3 meses	% dentro de País de la encuesta	70,0%	34,0%
		% del total	43,1%	13,1%
	Cada 6 meses	% dentro de País de la encuesta	20,0%	38,0%
		% del total	12,3%	14,6%
	Cada año	% dentro de País de la encuesta		28,0%
		% del total		10,8%
	Total	% dentro de País de la encuesta	100,0%	100,0%
		% del total	61,5%	38,5%
5. ¿Cree Ud. que la experiencia de los empleados permite que la empresa sea más productiva?	Sí	% dentro de País de la encuesta	100,0%	92,0%
		% del total	61,5%	35,4%
	No	% dentro de País de la encuesta		8,0%
		% del total		3,1%

Total		% dentro de País de la encuesta	100,0%	100,0%
		% del total	61,5%	38,5%
7. ¿Utilizan en la empresa estándares de calidad en la producción?	No sabe	% dentro de País de la encuesta		10,0%
		% del total		3,8%
	Sí	% dentro de País de la encuesta	70,0%	82,0%
		% del total	43,1%	31,5%
	No	% dentro de País de la encuesta	30,0%	8,0%
		% del total	18,5%	3,1%
Total		% dentro de País de la encuesta	100,0%	100,0%
		% del total	61,5%	38,5%
9. ¿Qué respuesta tiene Ud. ante una disposición a sus subordinados de la empresa?	Todos cumplen	% dentro de País de la encuesta	80,0%	64,0%
		% del total	49,2%	24,6%
	Cumplen medianamente	% dentro de País de la encuesta	10,0%	36,0%
		% del total	6,2%	13,8%
	Casi no cumplen	% dentro de País de la encuesta	10,0%	
		% del total	6,2%	
Total		% dentro de País de la encuesta	100,0%	100,0%
		% del total	61,5%	38,5%
10. ¿Existen espacios de motivación dentro de la empresa?	Sí	% dentro de País de la encuesta	75,0%	72,0%
		% del total	46,2%	27,7%
	No	% dentro de País de la encuesta	25,0%	28,0%
		% del total	15,4%	10,8%
Total		% dentro de País de la encuesta	100,0%	100,0%
		% del total	61,5%	38,5%
19. ¿Han implementado proyectos de innovación que permita tener ventaja competitiva en el mercado?	Sí	% dentro de País de la encuesta	75,0%	92,0%
		% del total	46,2%	35,4%
	No	% dentro de País de la encuesta	25,0%	8,0%
		% del total	15,4%	3,1%
Total		% dentro de País de la encuesta	100,0%	100,0%
		% del total	61,5%	38,5%

23. ¿Desarrolla planes de contingencia para la resolución de problemas en caso de decisiones fallidas?	Muy frecuentemente	% dentro de encuesta	País de la	15,0%	18,0%
		% del total		9,2%	6,9%
Frecuentemente		% dentro de encuesta	País de la	55,0%	46,0%
		% del total		33,8%	17,7%
Poco frecuente		% dentro de encuesta	País de la	25,0%	36,0%
		% del total		15,4%	13,8%
Nunca		% dentro de encuesta	País de la	5,0%	
		% del total		3,1%	
Total		% dentro de encuesta	País de la	100,0%	100,0%
		% del total		61,5%	38,5%

En los resultados de respuesta múltiple (Tabla 5) se aprecia que: las debilidades que obstaculizan la productividad de la empresa no están definidas, siendo estas muy variadas según el contexto en que se desenvuelve cada empresa; tampoco hay una respuesta concreta sobre la forma en que han incidido los estándares de calidad en la producción de la empresa; el factor de motivación que se utiliza por el buen desempeño de sus colaboradores en la empresa es el reconocimiento económico; en Ecuador, no se define la forma en que responden los colaboradores frente a las adversidades que se presentan en la empresa, pero, en Perú los encuestados manifiestan que los colaboradores asumen con responsabilidad el problema; en Ecuador, el tipo de evaluaciones de desempeño que se realiza a los empleados de la empresa es la denominada retroalimentación 360, componente que no está definido en Perú.

También, se ha identificado que: en Ecuador, la frecuencia con la que los jefes de cada área entregan reportes de actividades realizadas por cada empleado es mensual, en Perú esta frecuencia es muy variada; en Ecuador, al supervisar las actividades de un empleado, la actividad que los gerentes valoran más es el cumplimiento de metas, en Perú este componente no está definido; en Perú, las habilidades consideradas como más relevantes para el desempeño en los puestos de trabajo son las habilidades de planificación y la resolución de problemas, en Ecuador este componente no está definido; en Ecuador, las acciones con las que los gerentes demuestran su responsabilidad en la empresa es el cumplimiento de objetivos, en Perú este componente no

está definido; en Ecuador las oportunidades que la empresa le proporciona a los trabajadores para su desarrollo profesional tienden a ser las capacitaciones laborales, motivaciones y reconocimientos, en Perú la tendencia es similar pero incluye también las mejoras en los salarios.

En la Tabla 5 también se puede apreciar, según los resultados obtenidos, que: el factor que incide en el crecimiento económico de las empresas es la tasa de crecimiento; en Perú, los tipos de decisiones típicas que enfrentan los gerentes son las estratégicas, en Ecuador no se ha definido un tipo específico; los gerentes y jefes departamentales, para la toma de decisiones, priorizan la magnitud de los problemas antes de decidir; cuando los empleados ingresan a una empresa reciben capacitación inmediata; en Perú el medio de comunicación que se utiliza con mayor frecuencia en la empresa es el correo electrónico, en Ecuador también existe tendencia a usar la comunicación verbal como principal medio.

#### 4. Discusión

Uno de los grandes retos de los gerentes hoy en día, es que deben estar capacitados y preparados para afrontar los retos y tomar las mejores decisiones, que ayuden a incrementar la productividad y mejorar las organizaciones que están bajo su mando según lo afirman Ponce, et al., (2017), estos hallazgos se relacionan con los encuestados que ocupan el cargo de gerentes ya que poseen un alto nivel de estudios y preparación. De acuerdo a Falquez et., (2017) el objetivo primordial de los empresarios de las medianas empresas, es cumplir con los objetivos que se proponen ya sea a corto, mediano o largo plazo, con el fin de que la empresa siga creciendo y manteniéndose en el ámbito del negocio, estos criterios coinciden y se comparan con los resultados obtenidos en la investigación, ya que los encuestados planifican y supervisan el cumplimiento de sus objetivos tanto en Ecuador como en Perú.

Tabla 5.- Respuestas en porcentajes de los ítems de respuesta múltiple.

Ítem*	Opciones	Porcentajes	País de la encuesta	
			Ecuador	Perú
6.	¿Qué 6.a Instalaciones	Recuento	40	24
	debilidades	% dentro de País de la encuesta	27,0%	22,6%
	considera Ud. que			

obstaculizan la productividad de la empresa?	6.b Relación con los compañeros	% del total	15,7%	9,4%
		Recuento	16	24
		% dentro de País de la encuesta	10,8%	22,6%
	6.c Políticas que rigen a la empresa	% del total	6,3%	9,4%
		Recuento	20	13
		% dentro de País de la encuesta	13,5%	12,3%
	6.d Factores Económicos	% del total	7,9%	5,1%
		Recuento	48	36
		% dentro de País de la encuesta	32,4%	34,0%
	6.e Otra, Indique	% del total	18,9%	14,2%
Recuento		24	9	
% dentro de País de la encuesta		16,2%	8,5%	
Total	% del total	9,4%	3,5%	
	Recuento	148	106	
	% del total	58,3%	41,7%	
8. ¿Si responde (SI) en la pregunta 7, como cree Ud. que han incidido los estándares en la producción de la empresa?	8.a Calidad	Recuento	28	23
		% dentro de País de la encuesta	23,3%	21,3%
		% del total	12,3%	10,1%
	8.b Aumento de las utilidades	Recuento	8	19
		% dentro de País de la encuesta	6,7%	17,6%
		% del total	3,5%	8,3%
	8.c Aumento del nivel de producción	Recuento	20	15
		% dentro de País de la encuesta	16,7%	13,9%
		% del total	8,8%	6,6%
	8.d Incremento de las ventas	Recuento	24	28
		% dentro de País de la encuesta	20,0%	25,9%
		% del total	10,5%	12,3%
8.e Satisfacción del cliente	Recuento	40	23	
	% dentro de País de la encuesta	33,3%	21,3%	
	% del total	17,5%	10,1%	
Total	Recuento	120	108	
	% del total	52,6%	47,4%	
11.a Ascensos		Recuento	16	5

		% dentro de País de la encuesta	15,4%	7,4%
		% del total	9,3%	2,9%
	11.b Reconocimiento en público	Recuento	28	13
		% dentro de País de la encuesta	26,9%	19,1%
		% del total	16,3%	7,6%
	11.c Reconocimiento económico	Recuento	52	22
11. ¿Qué factores de motivación utiliza Ud. por el buen desempeño de sus colaboradores en la empresa?		% dentro de País de la encuesta	50,0%	32,4%
		% del total	30,2%	12,8%
	11.d Viajes	Recuento	0	9
		% dentro de País de la encuesta	0,0%	13,2%
		% del total	0,0%	5,2%
	11.e Premios	Recuento	4	9
		% dentro de País de la encuesta	3,8%	13,2%
		% del total	2,3%	5,2%
	11.f Otros, Indique	Recuento	4	10
		% dentro de País de la encuesta	3,8%	14,7%
		% del total	2,3%	5,8%
	Total	Recuento	104	68
		% del total	60,5%	39,5%
12. ¿Cómo responden los colaboradores frente a las adversidades que se presentan en la empresa?	12.a Proponen	Recuento	12	14
		% dentro de País de la encuesta	12,5%	16,7%
		% del total	6,7%	7,8%
	12.b Soluciones inmediatas	Recuento	32	19
		% dentro de País de la encuesta	33,3%	22,6%
		% del total	17,8%	10,6%
	12.c Acusan a otros	Recuento	0	5
		% dentro de País de la encuesta	0,0%	6,0%
		% del total	0,0%	2,8%
	12.d Evaden con excusas	Recuento	8	5
		% dentro de País de la encuesta	8,3%	6,0%
		% del total	4,4%	2,8%
		Recuento	36	32

12.e Asumen con el problema	responsabilidad el	País de la encuesta	37,5%	38,1%		
			% del total	20,0%	17,8%	
12.f Ejecutan acciones con diligencia		País de la encuesta	Recuento	8	9	
			% dentro de	8,3%	10,7%	
			% del total	4,4%	5,0%	
Total		País de la encuesta	Recuento	96	84	
			% del total	53,3%	46,7%	
13. ¿Qué tipo de evaluaciones de desempeño Ud. realiza a los empleados de la empresa?	13.a Retroalimentación 360 Ud.	País de la encuesta	Recuento	48	28	
			% dentro de	52,2%	41,2%	
			% del total	30,0%	17,5%	
			13.b Autoevaluación	Recuento	8	9
				% dentro de	8,7%	13,2%
				% del total	5,0%	5,6%
	13.c Evaluación por competencia	Recuento	24	31		
		% dentro de	26,1%	45,6%		
		% del total	15,0%	19,4%		
	13.d No aplica	Recuento	12	0		
		% dentro de	13,0%	0,0%		
		% del total	7,5%	0,0%		
Total		País de la encuesta	Recuento	92	68	
			% del total	57,5%	42,5%	
14. ¿Con qué frecuencia los jefes de cada área le entregan reportes de actividades realizadas por cada empleado?	14.a Diariamente	País de la encuesta	Recuento	16	5	
			% dentro de	20,0%	10,0%	
			% del total	12,3%	3,8%	
			14.b Semanalmente	Recuento	4	19
				% dentro de	5,0%	38,0%
				% del total	3,1%	14,6%
	14.c Quincenalmente	Recuento	12	4		
		% dentro de	15,0%	8,0%		
		% del total	9,2%	3,1%		
	14.d Mensualmente		País de la encuesta	Recuento	48	14
				% dentro de	60,0%	28,0%

		% del total	36,9%	10,8%	
	14.e Nunca	Recuento	0	8	
		% dentro de País de la encuesta	0,0%	16,0%	
		% del total	0,0%	6,2%	
Total		Recuento	80	50	
		% del total	61,5%	38,5%	
15. ¿Como gerente el momento de supervisar las actividades de un empleado, que valora más?	15.a Distribución del tiempo	Recuento	16	9	
		% dentro de País de la encuesta	15,4%	10,3%	
		% del total	8,4%	4,7%	
	15.b Cumplimiento de metas	Recuento	48	30	
		% dentro de País de la encuesta	46,2%	34,5%	
		% del total	25,1%	15,7%	
	15.c Desempeño en función de competencias	Recuento	16	24	
		% dentro de País de la encuesta	15,4%	27,6%	
		% del total	8,4%	12,6%	
	15.d Optimización de recursos	Recuento	20	19	
		% dentro de País de la encuesta	19,2%	21,8%	
		% del total	10,5%	9,9%	
	15.e Otros	Recuento	4	5	
		% dentro de País de la encuesta	3,8%	5,7%	
		% del total	2,1%	2,6%	
Total		Recuento	104	87	
		% del total	54,5%	45,5%	
16. ¿Qué habilidades considera Ud. que son más relevantes para el desempeño en los puestos de trabajo?	16.a Pericia técnica	Recuento	24	4	
		% dentro de País de la encuesta	20,0%	5,2%	
		% del total	12,2%	2,0%	
	16.b Habilidades de influencias	Recuento	24	0	
		% dentro de País de la encuesta	20,0%	0,0%	
		% del total	12,2%	0,0%	
	16.c Habilidades de planificación	Recuento	32	36	
		% dentro de País de la encuesta	26,7%	46,8%	
		% del total	16,2%	18,3%	
			Recuento	40	37

16.d Resolución de problemas		de	% dentro de País de la encuesta	33,3%	48,1%	
			% del total	20,3%	18,8%	
Total			Recuento	120	77	
			% del total	60,9%	39,1%	
17. ¿A través de qué acciones, demuestra Ud., su responsabilidad en la empresa?	17.a Cumplimiento de objetivos	de	Recuento	48	27	
			% dentro de País de la encuesta	38,7%	30,3%	
	17.b Planifica las actividades de la empresa	las	de la	Recuento	28	25
				% dentro de País de la encuesta	22,6%	28,1%
				% del total	13,1%	11,7%
				Recuento	12	9
	17.c Seguimiento de actividades de los subordinados	de los	de	% dentro de País de la encuesta	9,7%	10,1%
				% del total	5,6%	4,2%
	17.d Gestión eficiente de asignación de recursos			Recuento	36	23
				% dentro de País de la encuesta	29,0%	25,8%
				% del total	16,9%	10,8%
				Recuento	0	5
17.e Otros			% dentro de País de la encuesta	0,0%	5,6%	
			% del total	0,0%	2,3%	
Total			Recuento	124	89	
			% del total	58,2%	41,8%	
18. ¿Cuáles son las oportunidades que la empresa le proporciona a Ud. para su desarrollo profesional?	18.a Capacitaciones laborales		Recuento	44	22	
			% dentro de País de la encuesta	40,7%	32,4%	
				% del total	25,0%	12,5%
				Recuento	44	19
	18.b Motivaciones y reconocimientos			% dentro de País de la encuesta	40,7%	27,9%
				% del total	25,0%	10,8%
	18.c Mejor salario			Recuento	20	18
				% dentro de País de la encuesta	18,5%	26,5%
				% del total	11,4%	10,2%
				Recuento	0	9
	18.d Ninguno			% dentro de País de la encuesta	0,0%	13,2%

		% del total	0,0%	5,1%
Total		Recuento	108	68
		% del total	61,4%	38,6%
20. ¿Cuál es el factor que incide en el crecimiento económico de la empresa?	20.a La tasa de crecimiento	Recuento	52	33
		% dentro de País de la encuesta	65,0%	61,1%
		% del total	38,8%	24,6%
	20.b Políticas salariales	Recuento	16	8
		% dentro de País de la encuesta	20,0%	14,8%
		% del total	11,9%	6,0%
	20.d El desempleo	Recuento	4	0
		% dentro de País de la encuesta	5,0%	0,0%
		% del total	3,0%	0,0%
	20.e Otros, señale	Recuento	8	13
		% dentro de País de la encuesta	10,0%	24,1%
		% del total	6,0%	9,7%
Total		Recuento	80	54
		% del total	59,7%	40,3%
21. ¿A qué tipos de decisiones Ud. se enfrenta como gerente?	21.a De rutina	Recuento	8	0
		% dentro de País de la encuesta	7,7%	0,0%
		% del total	4,5%	0,0%
	21.b De emergencia	Recuento	12	9
		% dentro de País de la encuesta	11,5%	12,5%
		% del total	6,8%	5,1%
	21.c Estratégicas	Recuento	28	36
		% dentro de País de la encuesta	26,9%	50,0%
		% del total	15,9%	20,5%
	21.d Operativas	Recuento	12	13
		% dentro de País de la encuesta	11,5%	18,1%
		% del total	6,8%	7,4%
	21.e Todas las anteriores	Recuento	40	14
		% dentro de País de la encuesta	38,5%	19,4%
		% del total	22,7%	8,0%
	21.f Otra.	Recuento	4	0

		% dentro de País de la encuesta	3,8%	0,0%
		% del total	2,3%	0,0%
Total		Recuento	104	72
		% del total	59,1%	40,9%
22. ¿Con qué opción se identifica Ud. en la toma de decisiones?	22.a Piensa mucho antes de tomar una decisión.	Recuento	12	5
		% dentro de País de la encuesta	11,5%	7,8%
		% del total	7,1%	3,0%
	22.b Prioriza la magnitud de los problemas para decidir	Recuento	44	32
		% dentro de País de la encuesta	42,3%	50,0%
		% del total	26,2%	19,0%
	22.c Actúa por intuición	Recuento	8	0
		% dentro de País de la encuesta	7,7%	0,0%
		% del total	4,8%	0,0%
	22.d Toma decisiones de forma inmediata	Recuento	4	4
		% dentro de País de la encuesta	3,8%	6,3%
		% del total	2,4%	2,4%
	22.e Considera el criterio de otras personas, antes de tomar la decisión	Recuento	32	18
		% dentro de País de la encuesta	30,8%	28,1%
		% del total	19,0%	10,7%
	22.f Otra	Recuento	4	5
		% dentro de País de la encuesta	3,8%	7,8%
		% del total	2,4%	3,0%
Total		Recuento	104	64
		% del total	61,9%	38,1%
24. ¿Cuándo ingresó Ud. en la empresa que tipo de inducción recibió, en lo referente a capacitación?	24.a Recibió capacitación inmediata	Recuento	40	22
		% dentro de País de la encuesta	50,0%	44,0%
		% del total	30,8%	16,9%
	24.b Se autocapacitan	Recuento	32	13
		% dentro de País de la encuesta	40,0%	26,0%
		% del total	24,6%	10,0%
	24.c Recibió capacitación de forma simultánea	Recuento	0	15
		% dentro de País de la encuesta	0,0%	30,0%

		% del total	0,0%	11,5%
24.d	Aprendió a desarrollar actividades sin previa capacitación	Recuento	12	4
		% dentro de País de la encuesta	15,0%	8,0%
		% del total	9,2%	3,1%
Total		Recuento	80	50
		% del total	61,5%	38,5%
25. ¿Qué medios de comunicación utiliza con mayor frecuencia en la empresa?	25.a Redes sociales	Recuento	28	13
		% dentro de País de la encuesta	35,0%	26,0%
		% del total	21,5%	10,0%
	25.b Correo electrónico	Recuento	36	50
		% dentro de País de la encuesta	45,0%	100,0%
		% del total	27,7%	38,5%
	25.c Comunicación escrita	Recuento	16	0
		% dentro de País de la encuesta	20,0%	0,0%
		% del total	12,3%	0,0%
	25.d Comunicación verbal	Recuento	40	14
		% dentro de País de la encuesta	50,0%	28,0%
		% del total	30,8%	10,8%
	25.e Otros, especifique	Recuento	0	5
		% dentro de País de la encuesta	0,0%	10,0%
		% del total	0,0%	3,8%
Total		Recuento	80	50
		% del total	61,5%	38,5%

Los porcentajes y los totales se basan en los encuestados.

\*. Grupo de dicotomía tabulado en el valor 1.

Un principal hallazgo indica que los empleados con experiencia incrementan la productividad en las medianas empresas, y guarda estrecha afinidad con el estudio de Cassab y Mayorga (2018) afirman que al transcurso del tiempo los colaboradores de las organizaciones, obtienen mayor experiencia en sus puestos de trabajo, a través de las diferentes actividades que realizan en cada área y es una muy buena ventaja para cada empleado, ya que puede aprovechar para mejorar su rendimiento, ofrecer un buen servicio a los clientes y organizar mejor el tiempo,

Entre los distintos apartados científicos que tienen relación con los modelos gerenciales de las medianas empresas, identifican que la solución de problemas según García y Rodríguez

(2015), se debe centrar en formar relaciones interpersonales y reconocimientos económicos, con sus grupos de interés como sus socios, clientes, proveedores, centrando esfuerzos en fomentar un clima de aprendizaje, para detectar posibles falencias y brindar optimas soluciones que persigan un beneficio común.

Las buenas estrategias que se utilizan para competir con las demás empresas, son establecidas por la gerencia, utilizando cada una de sus habilidades para realizar cambios positivos, ya que las estrategias son indispensables para dirigir una organización hacia el futuro, de esta manera será fácil diseñar la planificación estratégica que es la guía para el logro de las metas y para mantenerse en competencia en el mercado con las demás empresas, estas afirmaciones de Leyva et al, (2018), se contrastan en parte con los resultados obtenidos, ya que en Ecuador no se está bien definido este criterio; sin embargo en Perú los tipos de decisiones que utilizan son estratégicas. Se comprobó la hipótesis planteada, ya que los modelos gerenciales del entorno mundial se adaptan e incluyen otros modelos particulares, que guardan estrecha similitud en las medianas empresas tanto de Ecuador como en Perú.

## Conclusiones

Los modelos gerenciales en las medianas empresas de Ecuador y Perú, constituyeron un tema poco estudiado, debido a que la mayoría de los modelos de gestión son teorizados por otros países, y en Latinoamérica no se dispone de un referente singular de propias prácticas gerenciales; esto indujo a comparar los modelos clásicos con los propuestos en esta investigación, que generaron elementos adicionales y características similares entre ambos países. Los resultados obtenidos indican que los gerentes actuales deben contar un nivel de estudios superiores, y que los años de actividad empresarial oscilan entre los 8 y 11 años; además, se planifican y supervisan los objetivos institucionales, el grado de experiencia de los empleados aumenta y eleva los estándares de calidad y productividad, debido a la constante motivación dentro de las organizaciones.

Los factores vitales de implementación de innovación promueven ventajas competitivas significativas en el mercado, además de la constante gestión de planes de contingencia para la solución inmediata de problemas en Ecuador y, seguido, por Perú. La entrega de reportes de

actividades está muy definida de forma mensual en el sector empresarial ecuatoriano, no obstante, en Perú es un tanto variado. El cumplimiento de objetivos y metas es un agregador de valor de los gerentes ecuatorianos, en Perú no está definido; la capacitación laboral es común en ambos lugares; en el análisis investigativo la toma de decisiones estratégicas es gestionada por los gerentes peruanos, no así por los de Ecuador.

La originalidad de este estudio radica en el enfoque a las medianas empresas, con el propósito de disponer de un modelo gerencial propio de América Latina, y que sirva de referente a nivel de los demás países.

## Referencias

- Arce Brenes, J., Méndez Arias, A., & Villegas Sánchez, E. (2017). Desarrollo de un sistema integrado de gestión para micro, pequeñas y medianas empresas a partir de la norma inte 01-01-09:2013. *TEC Empresarial*, 11(2), 17-26. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tec/v11n2/1659-3359-tec-11-02-00017.pdf>
- Berlanga, V., Rubio Hurtado, M. J., & Vilà Baños, R. (2013). Cómo aplicar árboles de decisión en SPSS. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 6(1), 65-79. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2445/43762>
- Cassab Martínez, P. M., & Mayorga Beltrán, D. Y. (2018). Habilidades gerenciales en mujeres comerciantes cabeza de hogar y economía familiar. *EAN* (84), 153-166. doi:DOI: 10.21158/01208160.n84.2018.1922
- Díaz Dumont, J. R., Nuñez Lira, L. A., & Cáceres Limaco, K. V. (2018). Influencia de las competencias gerenciales y la gestión por resultados en la imagen institucional. *Fides Et Ratio*, 16, 169-197. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v16n16/v16n16\\_a10.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v16n16/v16n16_a10.pdf)
- Falquez Arce, C., Silva Guerrero, B., & Rojas Herrera, V. (2017). La inversión en publicidad y su efecto en las medianas empresas de Guayaquil. *Retos*, 7(14). Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5045/504553252011/504553252011.pdf>
- Flores Marin , M., & Varoni, G. (2016). Competencias directivas requeridas por los CEO ante la complejidad de las organizaciones del siglo XXI. *ELSEVIER*, 7(16), 113-124. doi:DOI: 10.1016/j.sumneg.2016.02.005
- Franco, A., & Urbano, D. (2016). Determinants of the dynamism of small and medium enterprises in Colombia. *Ciencias Sociales*, 110-125.
- García Payaes, F., Boom Cárcamo, E., & Molina Romero, S. (2017). Habilidades del gerente en organizaciones del sector Palmicultor en el departamento del Cesar-Colombia. *Visión del*

Futuro, 21(2). Obtenido de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1668-87082017000200001](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-87082017000200001)

García, M., & Rodríguez, M. A. (Abril de 2015). Evaluación de las prácticas gerenciales. Revista Científica de Ciencias Gerenciales, 10(30), 142-162. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/782/78238677009.pdf>

Gómez G., M., Danglot B., C., & Vega F., L. (2013). Cómo seleccionar una prueba estadística (Primera de dos partes). Revista Mexicana de Pediatría, 80(1), 30-34.

Hu, W., & Shi. (2016). HRM estratégica y el aprendizaje organizacional en el sector privado de China durante la segunda pionera. Revista Internacional de Gestión de Recursos Humanos, 1813-1832.

Leyva Carreras, A. B., Cavazos Arroyo, J., & Espejel Blanco, J. E. (2018). Influencia de la planeación estratégica y habilidades gerenciales como factores internos de la competitividad empresarial de las Pymes. Contaduría y Administración, 63(3). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6566319>

Lombana, J., Cabeza, L., Castrillón, J., & Zapata, Á. (2014). Formación en competencias gerenciales. Una mirada desde los fundamentos filosóficos de la administración. Estudios Gerenciales, 30(132), 301-313. doi:DOI: 10.1016/j.estger.2014.01.017

Ortiz, W., Rojas, R., & Uribe, P. (2010). Efectos de la gestión organizacional en la rentabilidad en pymes: evidencias empíricas y algunas consideraciones teóricas. EAN , 88-109.

Ponce Espinoza, G., Espinoza, D. L., Ríos Zaruma, J., & Tapia C, K. G. (2017). Capacidades organizacionales generadoras de valor: análisis del sector industrial. RETOS, 7(13). Obtenido de <http://www.redalyc.org/jatsRepo/5045/504551272010/504551272010.pdf>

Reginato , L., Cornacchione , E., & Nuñez Palomino , M. (2016). Rediseñando la alta administración de la empresa: revolución del equipo y preparación para controles gerenciales. ELSEVIER, 6(13), 42-51. doi:DOI: 10.1016/j.sumneg.2015.08.004

Saldariaga Rios . (2013). Responsabilidad social y gestión del conocimiento como estrategias de gestión humana. Estudios gerenciales, 1-8 .

Sánchez , V., & Llorens , M. (2016). La incidencia de los entornos regionales sobre las restricciones financieras en pequeñas y medianas empresas. Trimestre económico, 37-60.

Segredo Pérez, A. M., García Millan , A. J., López Puig , P., León Cabrera, P., & Perdomo Victoria, I. (2017). Comunicación organizacional como dimensión necesaria para medir el clima en las organizaciones en salud pública. Horizonte Sanitario, 28-37. doi:DOI: 10.19136/hs.v16i1.1256

Serrano, G. (2017). Competencias directivas y virtuales: un camino a la excelencia. Estudios Gerenciales, 33(143), 208-216. doi:DOI: 10.1016/j.estger.2017.03.004

## Desarrollo de habilidades investigativas desde la experiencia de los estudiantes de Ingeniería

Daniel Rubén Tacca Huamán \*

### RESUMEN

La investigación constituye un aspecto importante en la formación profesional de los jóvenes universitarios, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo principal conocer cómo se vienen desarrollando las habilidades investigativas desde la experiencia de los estudiantes de Ingeniería. El trabajo se desarrolló bajo el enfoque cualitativo, con diseño fenomenológico y se realizaron entrevistas a 18 estudiantes que cursaban el último año de estudios profesionales de Ingeniería en una universidad privada de Lima, Perú. Los resultados indican que los estudiantes están en la capacidad de conceptualizar y reconocer algunas habilidades investigativas, dando poca relevancia a las metodológicas y de comunicación. Para los entrevistados, la universidad promueve la investigación en los últimos años de estudio, pero sería recomendable que sean transversales a todas las asignaturas. Adicionalmente, según explicaron los participantes, es necesario que los profesores sean investigadores y no teóricos de la investigación.

PALABRAS CLAVE: investigación; habilidades; universidad; formación; Ingeniería

## Development of research skills from the experience of Engineering students

### ABSTRACT

Research is an important aspect in the professional training of young university students, so the main objective of the present work was to know how research skills have been developed from the experience of Engineering students. The work was developed under a qualitative approach, with a phenomenological design, and interviews were conducted with 18 students who were in the last year of professional engineering studies at a private university in Lima, Peru. The results indicate that students are able to conceptualize and recognize some investigative skills, giving little relevance to methodological and communication skills. For those interviewed, the university promotes research in the last years of study, but it would be recommended that they be transversal to all subjects. Additionally, as explained by the participants, it is necessary for teachers to be researchers and not research theorists.

KEY WORDS: research; skills; college; training; Engineering

\* Universidad Tecnológica del Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0694-5262>. E-mail: [c17500@utp.edu.pe](mailto:c17500@utp.edu.pe)

Recibido: 30/07/2020

Aceptado: 24/09/2020

## Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] (2016) propone que, para el 2030, los países promuevan las oportunidades de aprendizaje para todos desde la educación básica hasta la universitaria, sin olvidar la promoción de actividades investigativas y garantizando la calidad. De esta forma, no se olvida el rol que tiene la investigación en la generación de nuevo conocimiento, a través de la capacidades y habilidades de los estudiantes para analizar, crear y solucionar problemas. Así mismo, la investigación es considerada uno de los pilares fundamentales de la docencia universitaria (Fernández & Villavicencio, 2017); además, como explica Rojas et al. (2019), la investigación es una actividad inherente al proceso de formación profesional, por lo que la promoción de habilidades investigativas es una necesidad a nivel universitario. Las habilidades para la investigación, según Moreno (2005), empiezan a desarrollarse antes que el individuo entre en contacto con el proceso sistemático de la investigación científica y en conjunto posibilitan la elaboración de una investigación de calidad. En este escenario, las universidades no se deben concentrar en asignaturas teóricas, deben promover cursos con un enfoque práctico para realizar investigación (Carrillo-Larco & Carnero, 2013); por ello, Poveda y Chirinos (2015) sugieren que estas habilidades no se desarrollan mediante cursos teóricos de metodología de la investigación, sino con aquellas de corte práctico.

El razonamiento científico es parte fundamental del proceso de investigación y este puede ser promovido por una didáctica basada en la indagación (Kambeyo & Csapo, 2018), sobre todo por aquella que es guiada (Irwanto et al., 2018). Rojas et al. (2020) comentan que para promover el desarrollo de las habilidades investigativas es necesario implementar métodos y estrategias de enseñanza activas que acerquen al estudiante a la lógica y a la complejidad del proceso de investigación. Un enfoque de enseñanza basado en la investigación promueve el compromiso, el fortalecimiento paulatino de la autoeficacia, la creatividad y el estudio (Fraiha et al., 2018). Moreno (2005) expone que el proceso de formación para la investigación debe ser intencional y no se limita a una asignatura curricular; los docentes deben ser mediadores que promueven y facilitan el acceso a información y el desarrollo de habilidades de investigación. Fraiha et al. (2018) comentan que al inicio se pueden presentar dificultades para iniciar las actividades de investigación, sin embargo, conforme el proceso avanza, los estudiantes desarrollan seguridad y confianza en sus propios

procesos y planteamientos; por lo que, la implementación del enfoque por indagación debe ser paulatino, esto con el objetivo de reducir el malestar inicial de los estudiantes ante el cambio en la dinámica de aprendizaje (Wildan et al., 2019).

Irwanto et al. (2018) consideran pertinente conocer las habilidades de los estudiantes antes de empezar los cursos, esto con el propósito de planificar adecuadamente las acciones educativas con miras a mejorar las habilidades propias del proceso científico. Carrillo-Larco y Carnero (2013) sugieren que los trabajos de investigación se deben realizar desde el inicio de los estudios universitarios, con asesoría de los docentes y con el objetivo de que sean publicables en el futuro; por ello, los cursos de pregrado basados en experiencias reales de investigación dan la oportunidad de hacer investigación auténtica (Bangera y Brownell, 2014). Lapa-Asto et al. (2019) proponen un proceso escalonado para desarrollar las habilidades investigativas, partiendo de los primeros años donde los estudiantes desarrollan hábitos de investigación, pasando por el desarrollo del pensamiento científico hasta llegar a los últimos años donde se desarrolla un trabajo de investigación publicable. Según Wildan et al. (2019), los estudiantes que desarrollan investigación paso a paso (escalonado) muestran mejores resultados en habilidades comunicativas e investigativas, en comparación con aquellos que recibieron clases expositivas.

Para Betancourth et al. (2012), la discusión socrática contribuye al desarrollo de habilidades como la inferencia y mejora la argumentación; según los investigadores, esta técnica debería implementarse en las instituciones de educación superior para promover el pensamiento crítico en los estudiantes. Por otra parte, Aguilar-Vargas et al. (2016) demostraron que la retroalimentación constructiva refuerza las habilidades de comunicación escrita, ayuda a mejorar los protocolos de investigación y contribuye al desempeño activo de los estudiantes. Así mismo, Marines et al. (2014) explican que la aplicación de un taller interdisciplinario mejora las competencias de investigación de los universitarios a través de actividades como la interacción en grupos y el debate de ideas. En esta misma línea, la investigación formativa, a través de una serie de actividades como el levantamiento de información, la participación en seminarios investigativos y la elaboración de un trabajo de investigación, muestra resultados positivos en el desarrollo de habilidades para la investigación (García et al., 2018).

Wildan et al. (2019) consideran que es importante promover el trabajo activo y autónomo en los estudiantes que realizan investigación, pues esto parece contribuir al desarrollo de la capacidad para generar conocimiento, mejora la argumentación, incrementa la motivación y genera actitudes positivas hacia el trabajo científico. En un estudio realizado en universitarios de Ecuador, Fernández y Villavicencio (2017) encontraron que una de las principales dificultades que presentan los estudiantes es la búsqueda actualizada de información; también se evidenció problemas de análisis, síntesis y redacción. Por su parte, Vera-Rivero et al. (2018) comentan que los universitarios de medicina se encuentran mejor preparados para realizar la búsqueda y análisis de información, además de redactar el informe; sin embargo, el punto débil es el tratamiento estadístico. Cuando Ain et al. (2018) analizaron las habilidades investigativas desarrolladas durante la formación profesional, encontraron que los varones se caracterizan por ser analíticos, mientras que las mujeres presentaron mejor autoconciencia, son más sistemáticas y organizadas.

Según explican Lapa-Asto et al. (2019), la implementación de un proceso de investigación formativa permite mejorar los índices de publicación de los estudiantes de ingeniería. En esta línea, Poveda y Chirinos (2015) comentan que los estudiantes deben comprender la importancia de las habilidades investigativas en su desempeño profesional, ya que estas pueden influir en sus acciones y aportar nuevas formas de desarrollo en el ámbito social, laboral, científico y tecnológico. Específicamente en el ámbito de la ingeniería, Rojas et al. (2020) consideran que es necesario desarrollar las habilidades investigativas en los futuros ingenieros para producir cambios en la industria con la generación de nuevo conocimiento. A pesar de lo anterior, según Bangera y Brownell (2014), las principales barreras que enfrenan los estudiantes universitarios para realizar investigación son: (1) desconocimiento de las oportunidades para realizar investigación, (2) desconocimiento de los beneficios de hacer investigación, (3) falta de cultura científica, (4) poca interacción con los docentes investigadores y (5) barreras para el financiamiento. Por ello, Fernández y Villavicencio (2017) recomiendan la implementación de programas para la capacitación de docentes y estudiantes; de esta forma, se puede mejorar la cultura investigativa a nivel institucional. Además, es necesario que los docentes universitarios se preparen para orientar intencionalmente a los estudiantes en el desarrollo de habilidades investigativas (Poveda & Chirino, 2015).

Como se ha visto en la literatura revisada, las habilidades investigativas constituyen un aspecto importante en la formación profesional de los jóvenes universitarios; por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo principal conocer cómo se vienen desarrollando las habilidades investigativas desde la experiencia de los estudiantes de Ingeniería.

## 1. Metodología

### 1.1. Enfoque y diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación recolectó los datos en base a la experiencia de los estudiantes de Ingeniería sobre el proceso de desarrollo de habilidades investigativas a lo largo de su formación profesional universitaria. La información recogida fue producto de la experiencia compartida de los participantes y se fundamentó en su interpretación subjetiva de los hechos. Por lo anterior, y según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), la investigación tiene un enfoque cualitativo con diseño fenomenológico.

### 1.2. Sujetos informantes

En total fueron 18 sujetos informantes que cursaban el último año de estudios profesionales de ingeniería en una universidad privada de Lima, Perú. Todos los estudiantes estaban matriculados en la misma asignatura, también tenían en común el profesor y la programación en el silabo del curso. Todos los informantes decidieron participar en forma voluntaria y manteniendo en anonimato su identidad. Del total, seis fueron mujeres y doce varones, la edad promedio fue de 23 años.

### 1.3. Instrumentos de recolección de datos

Se elaboró una guía de entrevista que consideraba las siguientes categorías: (1) Conceptualización y reconocimiento, (2) desarrollo de habilidades, (3) relevancia para el ámbito profesional, (4) principales retos. El instrumento elaborado constó de 20 preguntas abiertas que buscaban información sobre el desarrollo de habilidades investigativas a lo largo de la formación profesional de los estudiantes de ingeniería.

### 1.4. Procedimiento

Se decidió emplear la técnica de la entrevista a profundidad, pues como mencionan Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), esta técnica es útil para recoger datos cualitativos

que incluyan la perspectiva y experiencias de los sujetos informantes. Las entrevistas fueron realizadas por el mismo investigador y empezaron con un breve saludo y presentación, luego se informó el objetivo principal de la investigación y el tratamiento estrictamente confidencial de las respuestas. Se empleó la guía de entrevista con 20 preguntas abiertas. Cada entrevista duró aproximadamente 46 minutos.

## 2. Resultados

Todas las respuestas que brindaron los sujetos informantes fueron registradas y analizadas según las categorías mencionadas. De acuerdo a ello se obtuvieron los siguientes resultados:

### 2.1. Categoría I: Conceptualización y reconocimiento

En general, los estudiantes entrevistados sugieren que las habilidades investigativas son aquellas que se relacionan con la búsqueda de información científica en bases de datos o revistas indizadas; además permiten presentar un buen trabajo de investigación. Tres participantes detallaron que estas habilidades son importantes al momento de desarrollar trabajos académicos, tesis o artículos de investigación. Ocho estudiantes explicaron que estas habilidades son distintas a las “habilidades blandas”, pues consideran que están ligadas al ámbito académico y no todos las desarrollan. Los siete restantes las describieron como habilidades intelectuales que se ponen en manifiesto cuando planifican, ejecutan y concluyen un proyecto de investigación.

Todos los participantes lograron reconocer que la habilidad de observación y sensibilidad a los fenómenos es fundamental al iniciar una investigación; también consideran que la habilidad de elaborar preguntas e hipótesis es muy importante para iniciar una indagación. Por otra parte, solo cuatro coincidieron en la importancia de la actitud crítica y reflexiva para el desarrollo de la investigación; esto porque consideran que la ciencia y tecnología se desarrollan cuando se plantean nuevas ideas y nuevas teorías. Es necesario mencionar que ninguno de los participantes mencionó las habilidades metodológicas, la habilidad de comunicar los resultados de las investigaciones y la importancia de la ética en la investigación.

## 2.2. Categoría 2: Desarrollo de habilidades

En general, los estudiantes consideran que la universidad no debe ser la primera ni la única organización responsable de fomentar la investigación. Según comentan, es necesario que en las escuelas se incentive la formación científica a través de determinados proyectos, ya que ocho de los participantes recuerdan la “feria de ciencias” o “trabajos de campo” que realizaban en el curso de matemática y ciencias. Doce estudiantes comentan que algunas áreas curriculares en la escuela no ponen énfasis en el desarrollo del análisis, síntesis, la reflexión y el pensamiento crítico. Según recuerdan, el mayor apoyo a su curiosidad lo recibieron por parte de sus padres y familiares.

Por otra parte, consideran que la universidad ha contribuido al desarrollo de algunas habilidades para la investigación, pero no en todas las asignaturas. Según sus testimonios, han percibido que algunos cursos se limitan a evaluar los contenidos que desarrolla el profesor en la pizarra. No cuestionan la didáctica, tampoco el desempeño docente, ni la exigencia académica; sin embargo, recomiendan que las habilidades investigativas (observación, análisis, síntesis, pensamiento crítico, creatividad, metacognición, etc.) se desarrollen desde el inicio de la carrera profesional para que evolucionen a lo largo del recorrido universitario.

Según manifiestan, los cursos que aportan más a sus habilidades investigativas son aquellos donde se emplean debates o análisis críticos de problemas reales y contextualizados. Uno de los puntos que más resaltan es la importancia de los laboratorios, pues en estos ambientes se ponen a prueba sus conocimientos teóricos y valoran que se siga el método científico para desarrollar las prácticas. Según explican, la mayoría de sesiones prácticas permiten trabajar en equipo y solucionar un problema práctico en forma colaborativa. A pesar de lo anterior, recomiendan que las sesiones prácticas no se limiten a desarrollar una guía de laboratorio, ya que este espacio es para poner a prueba lo aprendido de forma creativa y sin seguir un guion preestablecido.

De todo el recorrido universitario, identifican que los dos últimos cursos de investigación son los que más aportan a su formación. Reconocen que la universidad les da acceso a diversas bases de datos desde el portal institucional; sin embargo, es en la recta final de sus estudios donde las utilizan con mayor frecuencia. Según su testimonio, es en estos dos últimos cursos donde buscan información en las bases de datos, usan las estrategias que los

docentes les brindan, analizan y comparan los resultados de los antecedentes, plantean una metodología para investigar, ejecutan la investigación para solucionar un problema y elaboran un informe final. Es en esta etapa donde se pone en juego las habilidades investigativas que han desarrollado a lo largo de sus estudios, aunque recomiendan que dichas habilidades deben ser transversales en la malla curricular.

### 2.3. Categoría 3: Relevancia para el ámbito profesional

Los estudiantes de ingeniería comentan que al inicio consideraban que lo más importante dentro de su formación era el conocimiento técnico; es decir, se concentraban en cómo funcionaba la maquinaria, en conocer al detalle cada paso dentro de un proceso y en el desarrollo de ciertas habilidades propias de la carrera. Según explican, conforme avanzaban en los estudios, la mayoría se dio cuenta que el conocimiento teórico y técnico no era suficiente. Quince de los participantes comentaron que, en los últimos semestres, reflexionaron y cayeron en cuenta sobre la importancia de las habilidades para la construcción metodológica y metacognitiva. Esto se produjo gracias a que estos participantes empezaron a trabajar en distintas empresas: vieron que el conocimiento teórico y técnico se debía complementar con habilidades para solucionar problemas reales.

Al parecer, según indican doce de los entrevistados, sus supervisores y demás superiores valoran positivamente las habilidades de observación, el correcto uso de lenguaje y la forma como se comunican los resultados en los informes, la habilidad para hacer inducciones y deducciones, entre otras. Todos coinciden en afirmar que el ámbito laboral es exigente y que lo aprendido en la universidad constituye un gran elemento para un adecuado desempeño laboral; sin embargo, recomiendan necesario llevar más cursos donde se aplique el método científico en situaciones reales para estar mejor preparados y competir con otros profesionales.

### 2.4. Categoría 4: Principales retos

Once de los estudiantes consideran que uno de los principales retos que dificultan el desarrollo de estas habilidades es la carencia de una línea de investigación formativa, es decir, perciben que se pone mayor énfasis en la investigación científica solo en los últimos semestres con el objetivo de obtener el grado académico. Según explican, la investigación formativa debe ser un eje transversal a los cursos que se desarrollan, pues el uso de fuentes confiables,

el análisis, la interpretación y el debate constituyen estrategias que se pueden integrar fácilmente a la propuesta metodológica de los docentes.

Dieciséis de los participantes recién conocen a profundidad las líneas de investigación de la institución en el último año, eso se suma a que once no recuerdan que se les haya informado sobre un programa de apoyo institucional para realizar investigación. Otro reto que se pudo identificar es la falta de formación en el uso de paquetes estadísticos. Según manifiestan, conocen algunas pruebas estadísticas, pero tienen dificultades al momento de procesar los datos y no tienen claro que software usar. En general, solicitan talleres que complementen la malla curricular para estos casos.

Por otra parte, cinco de los participantes manifiestan que los docentes deben dar el ejemplo en cuanto al desarrollo de trabajos de investigación. Los estudiantes explican que es importante que el docente también realice investigaciones y las publique, no solo que domine los principios teóricos de la metodología, sino que la aplique; de esta forma se convertirá en ejemplo y referente para todos los estudiantes. Adicional a lo anterior, consideran importante que los docentes empleen una retroalimentación formativa, que los ayude a crecer y aprender a hacer investigación, ya que es la primera vez que realizan este tipo de trabajo. Ninguno de los participantes recuerda haber recibido información sobre becas institucionales apoyando la investigación o capacitación para la publicación de artículos científicos.

### 3. Discusión y conclusión

Como se ha podido observar, según las respuestas de los estudiantes de ingeniería, existe una noción básica sobre la conceptualización de las habilidades investigativas. Este conocimiento les permite identificar algunas habilidades y no reconocer otras (metodológicas y comunicativas). Como explica Rojas et al. (2019), la investigación debe ser una actividad inherente a la formación profesional, por lo que sería recomendable que se familiaricen con las habilidades y destrezas necesarias para desarrollar una investigación. Siguiendo la propuesta de Moreno (2005), son los docentes quienes pueden ayudar a que los estudiantes conozcan y desarrollen estas habilidades; por lo que se recomienda emplear ciertos términos y procedimientos de la metodología científica indistintamente de la naturaleza de los cursos, de esta forma el estudiante estará familiarizado con el trabajo científico desde las primeras asignaturas.

Los estudiantes son conscientes que estas habilidades no se logran desarrollar a cabalidad en uno o dos cursos; según sus respuestas, es necesario considerarlas desde la escuela, siendo la universidad el lugar donde se pueden potenciar. También se ha evidenciado que no todas las asignaturas contribuyen a estas habilidades, ya que perciben que solo se pone énfasis en la parte práctica de la investigación científica en los últimos semestres. Las propuestas de Carrillo-Larco y Carnero (2013) y Poveda y Chirinos (2015) coinciden con los requerimientos de los estudiantes, pues prefieren actividades prácticas donde se aplica el método científico en vez de clases teóricas en el salón. En este sentido, es necesario que los docentes universitarios, independientemente del curso que dictan, reflexionen sobre su contribución o no al desarrollo de estas habilidades tan necesarias en el siglo XXI.

Como indican Irwanto et al. (2018), es necesario tener un diagnóstico tanto en estudiantes como en docentes sobre las habilidades en investigación. Esto podría significar el punto de partida para una mejora en la propuesta educativa hacia el estudiante y en el desarrollo de los docentes, pues se vería si las actuales políticas institucionales incentivan a realizar investigaciones válidas y publicables. El desarrollo de las habilidades para la investigación, como lo sugieren Carrillo-Larco y Carnero (2013), se debería trabajar desde el inicio de la vida universitaria; por tanto, es posible plantear un proceso gradual para que todos los estudiantes, indistintamente la carrera de estudio, puedan desarrollar paulatinamente estas y otras habilidades (Lapa-Asto et al., 2019). Este cambio debe involucrar el compromiso de los docentes y las autoridades pertinentes; al inicio pueden aparecer ciertas dificultades (Fraiha et al., 2018), pero un cambio gradual de mentalidad puede suavizar el impacto inicial en la dinámica de aprendizaje (Wildan et al., 2019). Por mucho tiempo la investigación científica ha sido vista como una actividad de las élites académicas; sin embargo, es necesario generar experiencias de aprendizaje significativas, reales y contextualizadas para motivar a los estudiantes a hacer investigación auténtica (Banger y Brownell, 2014) y democratizar el acceso a este tipo de formación.

Lo anterior no pasa, necesariamente, por una reestructuración de la malla curricular, sino por un cambio en la forma de enseñar. No se necesitan más clases teóricas de investigación, se necesita hacer indagación (Kambeyo & Csapo, 2018) y sobre todo guiada (Irwanto et al., 2018) por un profesor que también hace investigación. Adicional a los cursos que se desarrollan bajo el enfoque instruccional, es necesario promover el compromiso, la

autoeficacia y la creatividad con actividades de indagación (Fraiha et al., 2018); estas a su vez, podrían mejorar las habilidades comunicativas e investigativas (Wildan et al., 2019). Para todas las asignaturas, se sugiere considerar la implementación de la discusión socrática (Betancourth et al., 2012), la retroalimentación constructiva (Aguilar-Vargas et al., 2016), talleres interdisciplinarios (Marines et al., 2014), seminarios (García et al., 2018), trabajo activo y autónomo (Wildan et al., 2019).

Queda en evidencia que el tema no es ajeno a los estudiantes; es un asunto de gran relevancia en su formación y para su futuro desempeño profesional. Al parecer las habilidades investigativas, junto con otros conocimientos y destrezas, permiten que el futuro ingeniero sea valorado desde el inicio en su centro de labores. Se trata de formar profesionales competentes que no solo reproduzcan los conocimientos y las técnicas ya usadas en la industria, sino que puedan convertirse en agente de cambio e innovación (Poveda & Chirinos, 2015; Rojas et al., 2020). Esto se suma a lo analizado en párrafos anteriores: la formación de los futuros ingenieros no solo involucra conocimientos teóricos y técnicos, es necesario acompañar la formación inicial con habilidades para el análisis, búsqueda de información, pensamiento crítico, creatividad, entre otras.

Según los testimonios, consideran que la investigación se debe desarrollar de manera formativa, de menor a mayor complejidad, quizá iniciando con investigaciones bibliográficas hasta la elaboración de un trabajo publicable donde se entrelace la investigación, el desarrollo tecnológico y la formación profesional. Por otra parte, es necesario formar a los futuros ingenieros, por lo menos a nivel básico, en el uso de paquetes estadísticos para que los usen en el desarrollo de sus trabajos de investigación; esto evitaría que los novatos investigadores dependan de terceras personas para el procesamiento de datos y pongan en riesgo la interpretación de los mismo. Según los entrevistados, algunas de las barreras identificadas por Bangera y Brownell (2014) también se evidenciaron en su proceso de formación profesional, especialmente: el desconocimiento de las oportunidades para hacer investigación, la falta de cultura científica y la poca interacción con docentes investigadores.

Esto último también tiene que ser motivo de reflexión. Si bien las tendencias educativas sugieren que los docentes universitarios se conviertan en facilitadores, posiblemente en el desarrollo de las habilidades investigativas se requiera la presencia de un guía, de un mentor. Considerando que la investigación es un pilar de la docencia universitaria

(Fernández & Villavicencio, 2017) y que las habilidades para la investigación son una necesidad en la formación inicial de los futuros profesionales (Rojas et al., 2019), es inevitable que los docentes no solo conozcan la teoría sobre los principios de la investigación, sino que la practiquen, desarrollen y publiquen. Desde el cambio de ley universitaria en el país, las universidades tienen la responsabilidad de construir una cultura investigativa en docentes y estudiantes, razón por la cual se debería implementar cursos de capacitación y taller dirigidos a incentivar la investigación en todos los niveles (Fernández & Villavicencio, 2017).

A pesar que la investigación se desarrolló bajo el diseño fenomenológico, es importante mencionar que no se han explorado a profundidad aspectos como las habilidades de comunicar los resultados y la importancia de la ética en la investigación. Si bien estos tópicos son importantes para el desarrollo de la ciencia, los participantes no ahondaron lo suficiente en estos puntos como para registrar y estructurar un análisis serio al respecto. Esto representa, quizá, la principal debilidad del estudio y a la vez, se convierte en una oportunidad para futuros trabajos que deseen explorar estos aspectos tan importantes para la labor científica. Sin embargo, esta investigación representa un esfuerzo por conocer, desde la experiencia de los futuros ingenieros, como se estaría desarrollando las experiencias formativas en relación a las habilidades investigativas, convirtiéndose en una referencia indispensable para futuros trabajos que estudien la misma temática.

## Referencias

- Aguilar-Vargas, E., Rodríguez-Castellanos, A., Baeza, L., & Méndez, N. (2016). La retroalimentación constructiva en el desarrollo de habilidades comunicativas escritas e investigativas en dos generaciones de alumnos de medicina en Yucatán, México. *Anales de la Facultad de Medicina*, 77(2), 137-142. <https://dx.doi.org/10.15381/anales.v77i2.11818>
- Ain, C., Sabir, F., & Willison, J. (2018). Research skills that men and women developed at university and then used in workplaces. *Studies in Higher Education*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/03075079.2018.1496412>
- Bangera, G., & Brownell, S. (2014). Course-based undergraduate research experiences can make scientific research more inclusive. *CBE Life Sci Educ*, 13(4), 602–606. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-06-0099>
- Betancourth, S., Insuasti, K., & Riascos, N. (2012). Pensamiento crítico a través de la discusión socrática en estudiantes universitarios. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (35), 147-167. <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/356/671>

Carrillo-Larco, R., & Carnero, A. (2013). Autoevaluación de habilidades investigativas e intención de dedicarse a la investigación en estudiantes de primer año de medicina de una universidad privada en Lima, Perú. *Revista Médica Herediana*, 24(1), 17-25. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=338030976004>

Fernández, C., & Villavicencio, C. (2017). Habilidades investigativas para trabajos de graduación. *Revista De Investigación En Ciencias Sociales Y Humanidades*, 4(1). <https://revistacientifica.uamericana.edu.py/index.php/academo/article/view/61>

Fraiha, S., Paschoal, W., Perez, S., Tabosa, C., Silva, J., & Silva, C. (2018). Atividades investigativas e o desenvolvimento de habilidades e competências: um relato de experiência no curso de Física da Universidade Federal do Pará. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(4), e4403. <https://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0052>

García, N., Paca, N., Arista, S., Valdez, B., & Gómez, I. (2018). Investigación formativa en el desarrollo de habilidades comunicativas e investigativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(1), 125-136. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.336>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education

Irwanto, I., Rohaeti, E., & Prodjosantoso, A. (2018). Undergraduate students' science process skills in terms of some variables: a perspective from Indonesia. *Journal of Baltic Science Education*, 17(5). <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.751>

Kambeyo, I., & Csapo, B. (2018). Scientific reasoning skills: A theoretical background on science Education. *REFORM FORUM*, 26(1), 27-36. <http://publicatio.bibl.u-szeged.hu/18918/>

Lapa-Asto, U., Tirado-Mendoza, G., & Roman-Gonzalez, A. (2019). Impact of Formative Research on Engineering students. *IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE)*. <https://doi.org/10.1109/edunine.2019.8875842>

Marines, M., Heredia, N., Solís, L., & Mena, D. (2014). Taller multidisciplinario para el desarrollo de competencias de comunicación lingüística de la investigación. *Formación universitaria*, 7(2), 41-50. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062014000200006>

Moreno, M. (2005). Potenciar la educación. un currículum transversal de formación para la investigación. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 3(1), 520-540. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551/55130152>

Poveda, J., & Chirino, M. (2015). El desarrollo de habilidades investigativas en estudiantes de derecho. Una necesidad social y académica. *VARONA*, (61), 1-10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3606/360643422006>

Rojas, A., Castro, L., Siccha, A., & Ortega, Y. (2019). Desarrollo de habilidades investigativas en estudiantes de enfermería: Nuevos retos en el contexto formativo. *Investigación Valdizana*, 13(2), 107-112. <https://doi.org/10.33554/riv.13.2.236>

Rojas, I., Santana, E., & Montero, D. (2020). Development of Investigative Competence in Electrical Engineering Students. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 10(7), 47-52. [https://ijetae.com/files/Volume10Issue7/IJETAE\\_0720\\_08.pdf](https://ijetae.com/files/Volume10Issue7/IJETAE_0720_08.pdf)

UNESCO (2016). *Educación 2030: Declaración de Incheon y Marco de Acción para la realización del Objetivo de Desarrollo Sostenible 4: Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.* [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656_spa)

Vera-Rivero, D., Chirino-Sánchez, L., Ferrer, L., Blanco, N., Amechazurra, M., Machado, D., & Moreno, K. (2018). Autoevaluación de habilidades investigativas en alumnos ayudantes de una universidad médica de Cuba. *Educación Médica*. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.11.009>

Wildan, W., Hakim, A., Siahaan, J., & Anwar, Y. (2019). A Stepwise Inquiry Approach to Improving Communication Skills and Scientific Attitudes on a Biochemistry Course. *International Journal of Instruction*, 12(4), 407-422. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12427a>

## Thematic analysis on a model of implementation of open and technological banking in commercial banks in Iran

Mohammad Bagher Arayesh \*

Mostafa Rezaeirad \*\*

Mohammad Aidi \*\*\*

Tohfeh Ghobadi Lamoki \*\*\*\*

### ABSTRACT

The purpose of this study was the thematic analysis on a model of implementation of open and technological banking in commercial banks in Iran. It is an applied study; in terms of method, qualitative; And in terms of research philosophy, it is a kind of interpretive research. To analyze the data from the semi-structured interviews, a thematic analysis was used. The population of this study included 20 knowledgeable people (experts in banking and university professors in the field of open banking, as well as appropriate texts for the extraction of indicators). In this investigation a snowball approach was used to select samples. As a standard for the end of sampling, the thematic saturation method is used. The topics were obtained using the two sources of theoretical literature and semi-structured interviews. The result of the qualitative data analysis led to the identification of 25 basic issues, 6 organizational issues and finally 4 contextual issues including productivity and digital governance in the shadow of knowledge, alliances with competing partners, customer experience management, digital strategic management of economic and customer management, and reform of banking processes, all presented in the form of a model. Finally, suggestions were made in this area based on the results.

KEY WORDS: Open Banking, Thematic Analysis, Implementation, Commercial Banks of Iran

\*Ph.D Student of Business Management, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran. E-mail: arayesh.b@gmail.com

\*\*Assistant, professor, Faculty of Humanities, University of Hamedan, Hamedan, Iran. E-mail: m.rezaeirad@basu.ac.ir

\*\*\*Assistant, professor, Faculty of Humanities, University of Ilam, Ilam, Iran. E-mail: M.aidi@ilam.ac.ir

\*\*\*\*Assistant, professor, Faculty of Humanities, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran. E-mail: t\_ghobadi@yahoo.com

Recibido: 10/09/2020

Aceptado: 05/11/2020

## Análisis temático sobre un modelo de implementación de banca abierta y tecnológica en bancos comerciales de Irán

### RESUMEN

El propósito de este estudio fue el análisis temático sobre un modelo de implementación de banca abierta y tecnológica en los bancos comerciales de Irán. Es un estudio aplicado; en términos de método, cualitativo; y en términos de filosofía de la investigación, es un tipo de investigación de interpretación. Para analizar los datos de las entrevistas semiestructuradas se ha utilizado un análisis temático. La población de este estudio incluyó a 20 personas conocedoras (expertos en banca y profesores universitarios en el campo de la temática de banca abierta, así como textos apropiados para la extracción de indicadores). En esta investigación se utilizó un enfoque de bola de nieve para seleccionar muestras. Como estándar para el final de muestreo, se utiliza el método de saturación temática. Los temas se obtuvieron utilizando las dos fuentes de literatura teórica y entrevistas semiestructuradas. El resultado del análisis de datos cualitativos llevó a identificar 25 temas básicos, 6 temas organizativos y finalmente 4 temas contextuales incluyendo productividad y gobernanza digital a la sombra del conocimiento, alianzas con socios competidores, gestión de la experiencia de los clientes, gestión estratégica digital de la gestión económica y de clientes, y reforma de los procesos bancarios, todo ello presentado en forma de modelo. Finalmente, se hicieron sugerencias en esta área basado en los resultados.

**PALABRAS CLAVE:** Apertura bancaria, Análisis Temático, Implementación, Bancos Comerciales de Irán.

### Introduction

The current business environment is constantly experiencing, influenced by factors such as expanding science and technology, increasing competition and globalization, new evolution (Asadollah, Sanavifard & Hamidizadeh, 2019; Dargahi & Tahriri, 2020). In this environment, the survival condition of any organization will be to adapt to rapidly changing technology and to accept the demands of sustainability in an unstable competitive environment. Over the years, banks have always been leading the way in providing new services but, the banking business environment is changing dramatically and traditional banking structures are collapsing (Berger, Molyneux & Wilson, 2012). shortly, emerging technologies, new regulations, innovations and changing customer expectations will fundamentally change the banking industry (Eckenrode, 2017). Traditional banking systems, bureaucratic and even electronic banking systems not only do they lack

competition (Cajetan & Ezepue, 2018) but also, have no impact on the competitive advantage, attraction and, retention of new customers. Banks are therefore not only at risk of losing direct customer relationships, but may lose many of their services and consequently their customers as well. These trends and the emergence of open banking are a major change for banks and the financial system (OECD, 2020). Oracle financial services (2018) believes that the most important challenges for Asian banks are recruiting and retraining talent (38%), attracting new customers (34%) and market newcomers (25%), and their most important investment priorities include promotion. Customer service (51%), research, development and innovation (40%) and new product development (34%).

According to a McKinsey company report, a range of competitors such as fin techs and rival banks with emerging business models are emerging in the financial services industry. Estimates show that more than 60 percent of profits and 40 percent of traditional and micro-banking will decrease with the entry of new actors into the banking and financial ecosystem (Deloitte, 2014). To survive in this ecosystem, banks will need to recreate their current business models, continuous innovation, agility, and optimize structures to achieve sustainable competitive advantage (OECD, 2020). Nowadays, the customer definition of a good bank is a bank that does not need to go to a branch to provide more access to remote banking services. At present, one cannot expect a bank to meet all the financial services of a technology leader alone given the staggering growth of technology. The notion that the bank should meet all the micro and macro needs of its specific customers in general, has become obsolete and customers have different expectations. Despite the many communication channels that closed banking offers to its customers, Not only have customers not been saturated, but it has increased their expectation to receive services tailored to the state of the art (Asadollah et al., 2019). It is here that the need for open banking is felt to converge banks and startups (Adrian & Mancini-Griffoli, 2019).

According to the Accenture Institute, about 20 percent of banks have invested in open banking by 2017, and 77 percent of banks will do so by the end of 2019 (Accenture, 2018). Open Banking, also known as Software Development Interface Banking and Digital Banking, is a new paradigm that aims to interact more with customers, personalize and meet each customer's specific needs, provide potential value added for monetary

institutions and banks, and monopolize Bank production is fast becoming popular in the world of banking (Deloitte, 2015), which has not been widely considered in Iran so far. Open banking means digitizing all the activities of traditional banking programs that have previously only been offered to customers in the physical branch (Ramdani, Rothwell and Boukrami, 2020). Open banking does not mean online or offline banking. In this type of banking, the physical branches of banks will not be removed, but, they will shift from the current axial transaction to the axial consultation (OECD, 2020). Despite Iran's great potential for Application software development, many applications still require direct access to banking services. Open Banking provides this platform for software developers to implement new and creative ideas through access to banking services (Brodsky & Oakes, 2017).

This new approach also allows banks to share their customers' financial information with businesses and companies with the required standards (Ramdani et al., 2020). In Iran, this process has just begun and fortunately, the Central Bank has taken the first steps to comply with these conditions. It is to be hoped that this process will continue expeditiously and deeply to make the Iranian banking system a more welcoming industry for its citizens. With the advent of new technologies, in addition to evolving banking models, new businesses are emerging in the field of financial technology that will naturally target a portion of the financial and banking services market. Accordingly, future bank growth will be possible only through Strategic partnership and integration (with fin techs or other banks) as well as growth through innovative investments (artificial intelligence and artificial cognition opportunities, blockchains, robotic automation and improve cybersecurity (OECD, 2020).

The fact is that there are almost no issues with designing and implementing open banking in Iran, and given that there has not been much focus on the open banking process modeling in domestic and foreign sources and practically, new applied knowledge in Iran and the world is considered, thus, there is considerable theoretical development capacity in this area. Therefore, the main issue of this study is to present a theoretical model of open banking implementation through thematic analysis method. Nowadays, due to the digitalization movement of the world's leading banks, there is a need to develop an application model for implementing an open banking model that reflects the unique

features of Iranian commercial banks. Accordingly, the main objective of this study is to present thematic analysis on a model of implementation of open and technological banking in commercial banks in Iran

## 1. Literature review

### 1.1. Theoretical background

Various evidence shows that customers and companies can do a better transaction in open banking. Customers tend to stay with the same banking service provider for long periods, even in the presence of more competitive offers (Delloite, 2015). In the face of this complexity, many clients base their decisions on experience-based rules or shortcuts - such as following what their colleagues do and choosing a well-known institution. In some cases, such decision processes can lead to a reasonable outcome for the customer. In others, they can have a significant and detrimental effect on individuals' long-term financial consequences (Asadollah et al., 2019). Open banking can lead to the development of new financial products and services for specific customer groups. Increase data sharing gives opportunities to financial service providers to access data on disadvantaged customers (Reynolds, 2017), Enabling them to gain a fuller picture of their customers' financial situation and the development of products and services tailored to their needs (Accenture, 2018). In many cases, open banking is a simple concept, especially as it enables its customers to easily and securely share their banking data with trusted groups (OECD, 2020). Customer-centered open banking, promoting competitiveness, encouraging innovation, efficient and fair open banking and providing competitive approaches are the most important open banking capabilities (Ramdani et al., 2020).

Over the past years, traditional banks have defined specific products and services for customers and due to the limited selection options, customers had to go to banks and get bank-defined services (Brodsky & Oakes, 2017). In other words, banks were market leaders, and customers were following them (Reynolds, 2017). With the increasing number of banks, customer preference was no longer limited to the existence or absence of service. They could choose between different banks. In these circumstances, banks have focused on how to offer their services to customers. Any bank that offered more value to customers was more likely to be accepted by customers (Hallsworth et al., 2019). Therefore, it is clear

that in modern banking, creating a unique and excellent experience for receiving services (banking and non-banking) is the most important goal (Deloitte, 2014). With this approach, on the one hand, bank customers meet their expectations and, on the other hand, more and more sustainable sources of revenue will be created for value-added banks (OECD, 2020). Entering this field occurs when the bank changes its view of the customer market, competition and service delivery (Owen & Pereira, 2018).

One of the most fundamental strategies resulting from Changing the Look of the Banking System is moving towards an open banking industry (Hallsworth et al., 2019). Generally in open banking, the value chain of financial services is defined at three levels of products, interface, and services. At the first level, the products are developed. These products are converted to services using user interfaces (Reynolds, 2017). Open Banking redefines the development and distribution of its products through the provision of new technologies, legislation and the development of new technologies (OECD, 2020).

New open-source combinations of services, capabilities, and data can be created if new programming interfaces are made available to third party actors with personalization capabilities. Also, third parties can integrate functional capabilities, banking data and products with their services and facilitate new services and products and provide new products and services (Brodsky & Oakes, 2017). There are two main ways to create open banking. One way is for banks to be seen as markets and the other is that banks are seen as platforms and change roles (Omarini, 2018). If the bank is seen as a market, open banking is expected to come alongside the bank's core services and allows third-party partners to access parts of customer information, provide them with semi-open access or banking applications. By doing this, they can produce products according to banking services. But it should be noted that defining open source programming interfaces that provide easy access and good integration of products is the main challenge of this type of open banking (Deloitte, 2015).

When the bank is seen as a platform, the bank creates a framework of open programming interfaces and makes them available to all third parties interested in designing new products. In this case, the bank will have limited control over the products and tools created (Euro bank association, 2017). In this type of open banking, the depth of innovation and third-party space will be greater than open banking as a market (Omarini,

2018). At the same time, this type of open banking is closer to the requirements of the role of customer information providers in the European Payment Services Guide (Chaudhry et al., 2016).

Open Banking as a platform means that banks operating in this field, by redefining the scope of their business are trying to attract innovation from outside the banks. In open systems, the software is not owned and managed by a single company. It supported by a community or larger group of stakeholders such as small companies, individuals, large corporations or universities (OECD, 2020). This form of collaboration can be accompanied by more and faster innovations and increased efficiency (Ramdani et al., 2020). It is believed that the most important trend of banking in the future is the transformation of banks into platforms. In this situation, both banks and startups can move towards becoming a platform through strategic joint action. Depending on the strategy selected for the bank and the type of service, open planning interfaces can be defined at different levels (Deloitte, 2015). On the path of open banking development, banks choose different approaches based on their strategies. These approaches can be selected by answering two key questions that show what role the bank intends to play in the financial value chain: Who develops banking products? Who delivers banking products to customers? In answer to these two questions, four types of banks can be identified (OECD, 2020; Deloitte, 2020).

*Core Banks:* This approach is similar to traditional banking. In these circumstances, the Bank directly performs activities such as product development, distribution, and delivery to customers. There are no third parties in these situations.

*Distributor banks:* In this approach, the bank provides a product development space for third party actors, and assumes the delivery of products to customers. In this framework, banks are expanding their digital market and provide good services to business partners and third parties, thus, they have the role of a distributor. Today, fin techs play a distributive role in the payment industry because they categorize and distribute services created by banks and other payment service providers.

*Producer Banks:* In this approach, the bank's focus is on product and service development and Product Distribution up to the delivery stage to the customer is the role that business partners and third parties will play. Suggest to the customer in this approach

is done by at least 2 groups. The bank produces services, and outsiders, who can be Fin Tech, provide services to customers.

*Platform banks*: This approach is the ultimate in open banking. In this approach, the bank provides the necessary framework for third party activity across all value chains of financial services. Here the platform is one of the types of business models and it's different from the Interpretation of the platform in the software world. In this approach, banks can offer client matching, security and customer recognition capabilities as a platform.

## 1.2. Experimental background

Camerinelli (2017) states in his research that managing funds, applying for online credit card, virtual prepaid credit card for secured payments, mobile loan application, SMS-based payments, mobile payment in stores and taxis, personalized products and services and the existence of a remote financial advisor are the most important user expectations of open banking. According to a research report by Mckinsey & Company (2017), Banking in any time, any place, with any device, Analysis of clients' personal experience, customer-centric, immediate fulfillment of needs, acceptance of open banking power, cost-effective, less operational risk, constant updating, market leadership, scalability and cloud infrastructure implementation, customer experience platform, centralized applications, channels, branches and call center, bank model(Micro, corporate, investment), devices (tablet, cell phone, ...) were the most important requirement of banking system to be digitalized. In the report of Fingleton (2019), is noted that the implementation of open-bank banking takes place in 6 stages including:

a) Develop standards, b) Implement standards, c) Engage and connect with TPPS, d) TPPs develop propositions, e) TPPs launch and refine propositions in market and f) Evaluate success.

In a study done by Hallsworth et al (2019), is introduced five ecosystem requirements for successful open banking that are included: APIs, Enabling assets, Use cases, Killer apps and Partnerships. Martin hearing (2019), believes that before implementing a new model, it is necessary to pay attention to the following four elements:

a) Unified Strategy, b) Collaborative Mindset, c) Open Culture, d) Diligent Compliance

According to a research report by (Lipton, Shrier & Pentland, 2016), is noted that the most key requirements for a digital bank from the viewpoint of bank, investor and consumer is introduced:

-from Customers' Perspective: holistic customizable, biometric, mobile-first, end to end digital, electronic credit card, ambient channel management.

-from bank' Perspective: full-stack business model, artificial intelligence-enabled, security and discretion, novel database design, advanced data analytics, and digital payments.

-from investor' Perspective: digital sales and banking products, multichannel, rob advisor, digital financial planner, SME upside, smart big data, a digital wallet.

In the research of Barquin, Vinayamak & Heidi (2015), the key aspects of open banking are mentioned. The four features of quality, essential services, the power of financial products and services, brand reputation and customer experience are particularly important in open banking. Simplicity and security are also important aspects of open banking that increase customer satisfaction. In the research done by Deloitte (2015), factors such as social networks, consumer protection, products, digital investment, internet, Fin-techs, block Chin technology and biometric technology are the most important factors affecting the customer and bank on the digitalization highway. In a study done by Deloitte (2019) entitled "creating an open banking Framework for Canada", the most important constraints and limitations of open banking have been reported. These include:/ new entrants, data breaches, fraud, privacy, recourse, distribution of costs.

## 2. Research methodology

This study is applied based on the purpose of research, and in terms of a philosophy of research is interpretive. The thematic analysis method was used to analyze the data from semi-structured interviews and analysis of the texts used. thematic analysis is a process for analyzing qualitative information and is used in most qualitative methods. Because, the thematic analysis method deals with the analysis of the text, then, is carried out the process of gathering information in the form of textual cycles.

The researcher achieves a better understanding of the text by following the cyclic path within the text. This path will continue until it is reached an acceptable understanding of the text with the least internal contradiction. The theme states important information about research data and questions and it shows the meaning of the current pattern in the data set (Braun & Clark, 2006).

The thematic analysis is a data reduction and analysis strategy as well as the classification, summarization, and reconstruction of qualitative data (Alhojailan, 2012). In this way, the researcher seeks to find meaningful duplicate patterns. Repeat means that at least 2 of the texts can receive a subject. Based on specific procedures at three levels, it offers basic themes (codes and key points in the text), organizing themes (themes derived from the composition and summary of the basic themes) and inclusive themes (higher themes include the principles governing the text as a whole) in which, the themes are put together concerning each other (Attride- Stirling, 2001).

To achieve the objectives of the research, the qualitative process was carried out in two stages. In the first step, due to the multitude of articles related to digital banking and to select appropriate articles to extract effective indicators, was used meta-analysis with seven-step approach. Where qualitative research was combined, their similarities and differences were compared, their findings were translated into one another, finally, a new interpretation of their collection was obtained. The statistical population in this section included all articles published in the domestic journals databases (Sid, Magiran, Noormags) and valid international databases (Scencedirect, Proquest, Springer, Emerald, Wiley, Sage) from 2014 to 2019. In total, 43 articles were identified. Criteria such as keyword allocation, subject area, access level, and screening for inclusion or exclusion of articles were used to obtain the best articles to enter the hyperbolic process. From the total number of articles obtained, 16 articles, which had very good and excellent quality in the evaluation table, were evaluated as the sample and for data extraction.

Semi-structured interview with an exploratory approach in the second stage of qualitative research was used to extract complementary indicators related to open banking implementation, for this purpose, semi-structured interviews were conducted with 13 managers of commercial banks of Saman, Iran Zamin, Ayandeh, Mellat, City Bank, Melli and Tejarat, 7 university professors who familiar with banking issues.

At the beginning of the interview, the purpose of the study was to emphasize that the interviews will be used for research purposes only and that the identities of the individuals will not be mentioned in the research reports. for selection of the sample, non-probable purposive judgment sampling with a snowball sampling approach was used. Select samples continued until the adequacy and theoretical saturation stage. Twenty people were interviewed in this study, which was repeated in the information received from the 17th interview, but to ensure data adequacy continued until interview 23 thematic analysis encompasses a wide range of methods and techniques (template themes, thematic Matrix, thematic network, and comparative analysis).

In this study, the thematic network method was identified as a suitable method for thematic analysis. What the themes network offers is a web-like map as the organizing principle and method of display. Thematic network systematizes the basic, organizing inclusive themes, based on the specific process. It is important to note that, the thematic network is not a procedure for preparing the analysis or delivering the final results, but rather a technique for breaking the text and finding meaningful and salient points within the text. Figure 1 illustrates the structure of a thematic network.

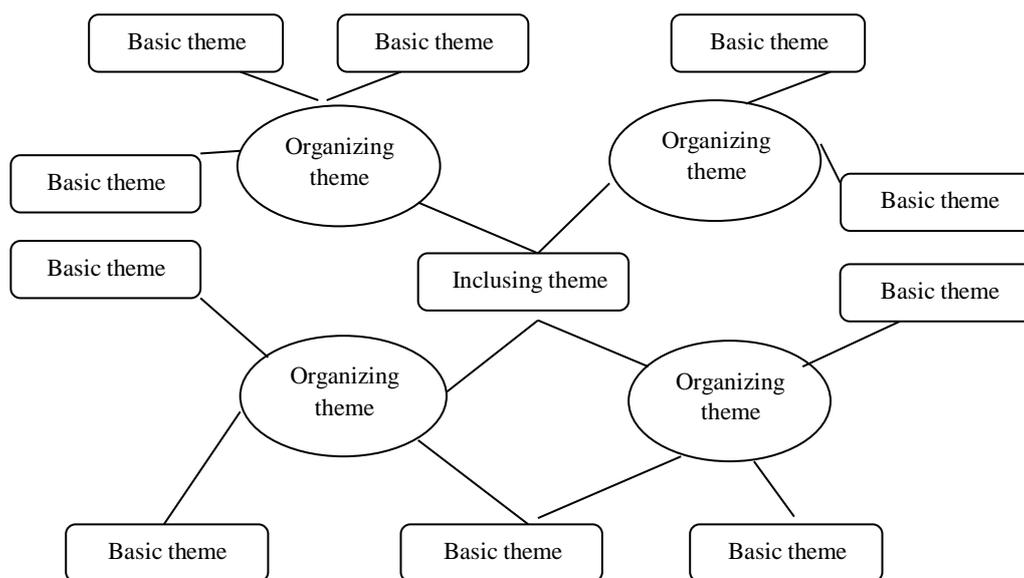


Figure 1. The structure of a thematic network  
 Source: (Vaezi et al., 2018: 23)

Table1 shows the demographic characteristics of the statistical samples.

Table 1. Demographic characteristics of research interviewees

No	Educational level	age	Gender	No	Educational level	age	Gender
1	PhD in Marketing	46	woman	11	PhD in business management	60	man
2	PhD in IT	50	man	12	PhD in E- Commerce	56	man
3	PhD in IT	52	man	13	PhD in electronic banking	58	man
4	PhD in E- Commerce	54	man	14	MSc in marketing	39	woman
5	MSc in IT	38	woman	15	PhD in business law	50	woman
6	PhD in IT	42	woman	16	PhD in IT	52	man
7	PhD in business management	49	woman	17	PhD in computer science	53	man
8	PhD in electronic banking	44	man	18	PhD in computer science	48	man
9	MSc in IT	47	man	19	PhD in international marketing	40	man
10	PhD in international marketing	43	man	20	PhD in electronic banking	41	man

Source: Research findings

Reliability refers to the consistency of the results of the interview, the credibility and the ability of the interviewee to measure the intended goals. Validity is said to be the ability of a method to measure the purpose of the study. In the present study, the reliability of the two coders was used to calculate the reliability of the interviews. To this purpose, a university professor who was aristocratic on the research subject was asked to participate as a researcher (coder) in this research. Then, The researcher along with the research colleague coded three interviews and calculated the percentage of the intra-subject agreement as a measure of research reliability. How to calculate the percentage of intra-subject agreement is given in Formula 1:

$$\text{Formulal. Percentage of intergroup agreement} = A \times 2 / B \times 100$$

That A = Number of agreements reached, B = Total number of codes

To extract the amount and the number of agreements, a questionnaire containing themes, along with open coding samples, was provided to the research participants and the degree of agreement was questioned through the choice questions of high, medium, and low concordance. If the participant chooses the low or medium option, it means disagreement, and if the participant chooses the high option, it means an agreement (Vaezi, Chekin& Aslipour, 2018). Regarding the main research question, which is the model for implementing open banking in Iranian commercial banks? It was considered as the main question of the interviews.

Table 2. Calculation of reliability between two coders

No	Interview code	Number of codes	Number of Agreements	Coefficient of agreement
1	I1	21	8	./86
2	I2	26	11	./85
3	I3	22	8	./73
	Total	69	28	./81

Source: Research findings

As be seen in Table 2, the reliability between the two coders for the interviews was /81. Thus, it can be argued that the reliability of the interview analysis is appropriate. The usual size of acceptable reliability coefficient is 80 to 100 percent for most research and research with a reliability coefficient of less than 70% will have difficulty interpreting their achievements and replicating research (Vaezi et al., 2018).

### 3. Results and discussion

In the first step, the researcher recorded the interviews by the ethical principles of qualitative research and with the full consent of the interviewees first, the first interview was translated precisely into text, and the coding was done paragraph by paragraph. Key points in the context of interviews were outlined about open banking implementation, and after the initial coding, it continued until the level of determination of basic themes. This

process was applied until the 17th interview and theoretical saturation. At this stage were extracted 187 original codes from the interviews with more conceptual power. In the second step, 25 basic themes were extracted from the 60 conceptual codes. In the three-step, the basic themes with the most semantic and conceptual affinities were put together, and 6 organizer themes were extracted from them. organizing themes are the answer to the research questions extracted from qualitative data. In this study, a total of 6 organizing themes were identified among the 25 basic themes. Table 3 shows Summary results of organizing themes from basic themes.

Table 3. Summary results of organizing themes from basic themes

Conceptual code	basic themes	Organizing code
The quality of banking operations		
Banking economic criteria		
changing structure and downsizing	Banking flexibility and compatibility	
banking system Integration		
User store integration		
The power of attracting stakeholders and new technologies		
Culturalize and education	Participatory culture	<i>Economic Management and Banking Process Reform</i>
Third party on boarding		
Managing key activities		
Payment channels	Managing payment channels	
Payments and trade		
Risk management	Risk management	
Reduce risk and uncertainty		
Cost efficiency		
Income streams	Cost-benefit evaluation	
Cost streams		
Outsourcing activities		

flexibility of organizational platform	Activity framing	
Architecture management and API monitoring		
API specification		Technical-legal compatibility based on market and technology optimization activities
Motivation and loyalty programs		
Regulatory and legal infrastructure		
Integrated infrastructure and security	Legal requirements	
Standardization		
API security		
Strong customer authentication		
Fraud detection		
Predictive analysis	Applying optimization and correlation techniques	
Prescriptive analysis		
Market making and marketing	Market dynamics	
Business insights		
Weaknesses	Internal analysis	
Strengths		
Opportunities		
Inhibitors	External analysis	digital strategic management of customer
Strategic look and horizon	Strategic thinking	
Smart data	Customer data	
Social media	Social media	
Customer-centric		
Quality	Customer orientation	
Customer consent management		
Implementation of customer experience	Customer experience	Customer experience management
Optimizing the customer		

experience	management	
Homogenization of Customer Experience		
Software and technology infrastructures	Providing software infrastructure and system architecture	
Mechanism and Modern System Architecture		
Platform design		Infrastructure engineering and implementation mechanisms
Pre-implementation mechanisms		
Current implementation mechanisms	Implementation mechanisms	
Post-implementation mechanisms		
Successful implementation	Successful implementation	
Comprehensive business model	New business modeling	
New businesses		
Digital leadership	Digital leadership	structural productivity and digital governance in the shadow of knowledge partnerships
Agility in competition and profitability	Competitiveness	
Banking culture with other partners	Development of technical - cultural relations	
Downsizing banking processes	Structural efficiency	
Creating a new digital value chain	value creation	
Multiple value creation of customer		

Source: Research findings

Table 4 shows the frequency of the basic themes

Table 4. Frequency of repetition of basic themes

Basic themes	Frequency	Basic themes	Frequency
Banking flexibility and compatibility	12	Customer orientation	19
Participatory culture	10	Customer experience management	25
Managing payment channels	12	Providing software infrastructure and system architecture	8
Risk management	9	Implementation mechanisms	15
Cost-benefit evaluation	12	Successful implementation	12
Activity framing	15	New business modeling	12
Legal requirements	14	Digital leadership	9
Applying optimization and correlation techniques	7	Competitiveness	9
Market dynamics	12	Development of technical - cultural relations	5
Internal analysis	10	Structural efficiency	12
External analysis	8	value creation	9
Strategic thinking	15	Social media	10
Customer data	12		

Source: Research findings

In the fourth step, the researcher chose inclusive themes, by applying sensory constructs and technical terms derived from the theoretical and specialized background of

the and according to the interviewees' point of view and linked to relevant categories systematically. When the theoretical adequacy is reached, the core of open banking implementation was formed in the conditions of commercial banks of Iran, encompassing the themes of Economic Management and Banking Process Reform, structural productivity and digital governance in the shadow of knowledge partnerships, Customer experience management and digital strategic management of the customer. In step 5, a thematic network was drawn to facilitate the visualization of the themes and the meaning of the idea (Attride – Stirling, 2001). In this step, while examining the consistency of the themes with the extracted codes and sorting themes, the basic, organizing inclusive themes were outlined. Accordingly, in figure 2, the final model of research is presented in the context of the thematic network.

The results of the descriptive analysis of the field interviews and their coding showed that organizer themes, "structural productivity and digital governance in the shadow of knowledge partnerships" with 56 repeats have been of the utmost importance among all organizing themes of the open banking implementation model. This theme includes the basic themes of new business modeling, digital leadership, competitiveness, development of technical - cultural relations, structural efficiency and value creation.

The second main theme, with the most repetition, was "digital strategic management of customer", which is mentioned in 55 cases. This theme has included sub-themes of internal analysis, external analysis, strategic thinking, customer data, and social media. "economic management and banking process reform" was the third major theme respondents mentioned 47 times. It includes the sub-themes of flexibility and adaptability of banks, collaborative culture, payment channel management, risk management, and cost-benefit assessment. The fourth main theme is "customer experience management" that the interviewees mentioned 44 times during the interviews. This theme has included the themes of customer orientation, customer experience management.

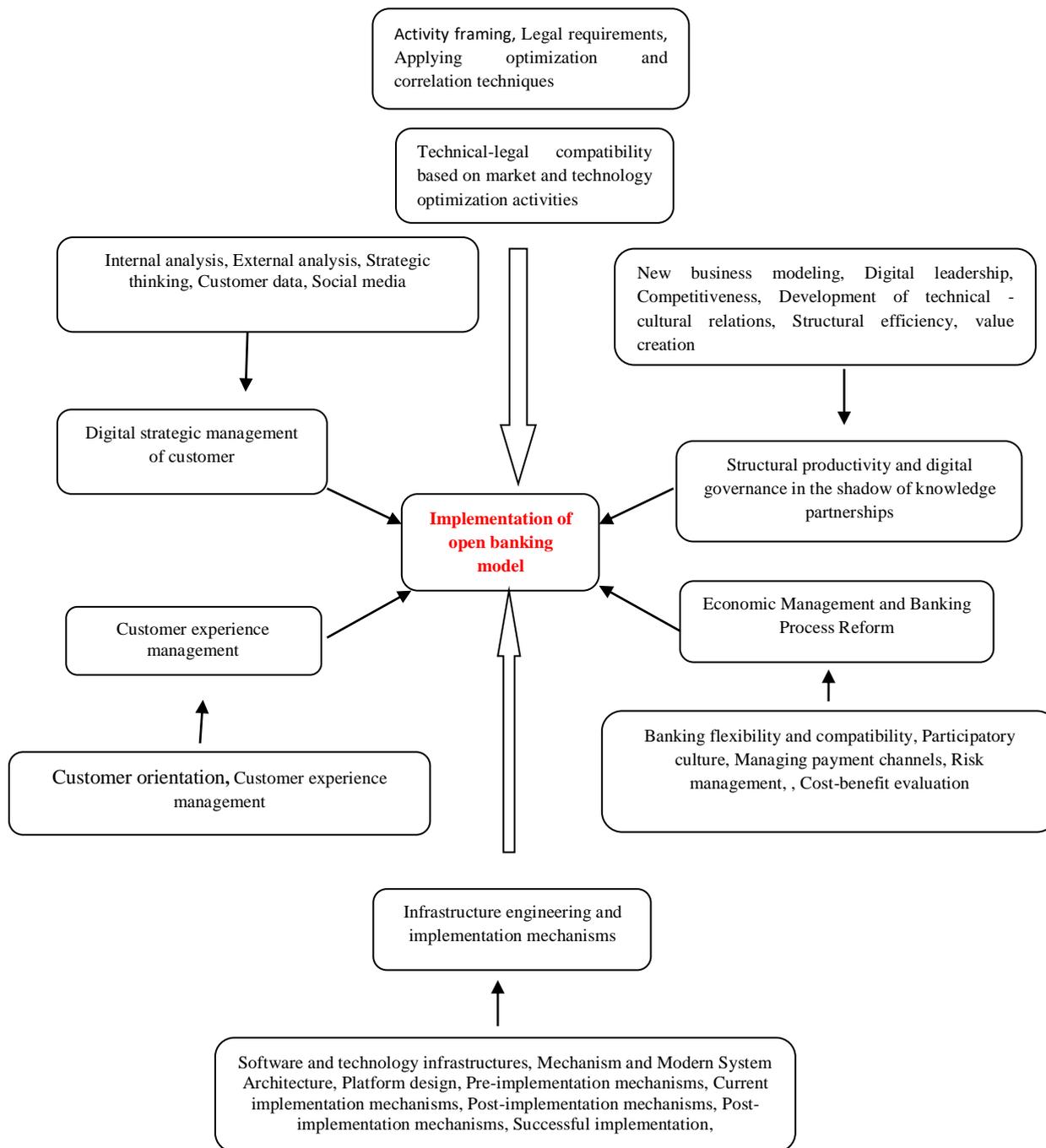


Figure 2. The final thematic research model

Confirmation/ rejection	Average (percentage of fit)	conceptual codes	Basic themes	Organizing themes
Confirm	%82	The quality of banking operations		
Confirm	%90	Banking economic criteria		
Confirm	%85	changing structure and downsizing	Banking flexibility and compatibility	
Confirm	%79	banking system Integration		
Confirm	%75	User store integration		<i>Economic Management and Banking Process Reform</i>
Confirm	%82	The power of attracting stakeholders and new technologies		
Confirm	%76	Culturalize and education	Participatory culture	
Confirm	%85	Third party on boarding		
Confirm	%91	Managing key activities	Managing payment channels	
Confirm	%85	Payment channels		
Confirm	%90	Payments and trade		
Confirm	%79	Risk management		
Confirm	%84	Reduce risk and uncertainty	Risk management	
Confirm	%80	Cost efficiency		
Confirm	%79	Income streams	Cost-benefit evaluation	
Confirm	%94	Cost streams		
Confirm	%91	Outsourcing activities	Activity framing	
Confirm	%90	flexibility of		

		organizational platform		
Confirm	%88	Architecture management and API monitoring		
Confirm	%85	API specification		
Confirm	%80	Motivation and loyalty programs		
Confirm	%78	Regulatory and legal infrastructure		Technical-legal compatibility based on market and technology optimization activities
Confirm	%80	Integrated infrastructure and security	Legal requirements	
Confirm	%83	Standardization		
Confirm	%87	API security		
Confirm	%86	Strong customer authentication		
Confirm	%87	Fraud detection	Applying optimization and correlation techniques	
Confirm	%91	Predictive analysis		
Confirm	%81	Prescriptive analysis		
Confirm	%85	Market making and marketing	Market dynamics	
Confirm	%83	Business insights		
Confirm	%78	Weaknesses	Internal analysis	
Confirm	%87	Strengths		
Confirm	%82	Opportunities	External analysis	digital strategic management of customer
Confirm	%81	Inhibitors		
Confirm	%85	Strategic look and horizon	Strategic thinking	
Confirm	%90	Smart data	Customer data	
Confirm	%85	Social media	Social media	

Confirm	%87	Customer-centric		
Confirm	%96	Quality	Customer orientation	Customer experience management
Confirm	%84	Customer consent management		
Confirm	%94	Implementation of customer experience	Customer experience management	
Confirm	%91	Optimizing the customer experience		
Confirm	%90	Homogenization of Customer Experience		
Confirm	%80	Software and technology infrastructures	Providing software infrastructure and system architecture	
Confirm	%90	Mechanism and Modern System Architecture		Infrastructure engineering and implementation mechanisms
Confirm	%87	Platform design		
Confirm	%86	Pre-implementation mechanisms	Implementation mechanisms	
Confirm	%82	Current implementation mechanisms		
Confirm	%78	Post-implementation mechanisms		
Confirm	%80	Successful implementation	Successful implementation	
Confirm	%89	Comprehensive business model	New business modeling	
Confirm	%90	New businesses		
Confirm	%90	Digital leadership	Digital leadership	structural productivity and digital
Confirm	%88	Agility in competition and	Competitiveness	

Confirm	%87	profitability Banking culture with other partners	Development of technical - cultural relations	governance in the shadow of knowledge partnerships
Confirm	%81	Downsizing banking processes	Structural efficiency	
Confirm	%88	Creating a new digital value chain	value creation	
Confirm	%92	Multiple value creation of customer		

Table 5. Matching basic themes with organizer themes

Source: Research findings

### 3.1. Model validation

After designing the model based on the results of the interviews, this model was re-presented to 4 academic experts in a model validation questionnaire to obtain their views on the relevance of basic concepts to organizational themes. Construct validity was used to validate the model. If approved by 75% of experts, the model is valid (Taherdoost, 2016). The SPSS software was used to calculate the mean of expert opinions to determine whether or not themes fit. Table 5 shows the fit of the basic themes to the organizer themes.

The model obtained from the interviews was confirmed as the final model of the research according to the model validity table and the views of academic experts.

## Conclusion and Recommendations

Open banking, along with its inherent features in the banking system, is a trend that will shape the future of the banking industry. Open banking is a digital transformation of the banking business model in which the banking business model moves from subsidiary income to a new share of non-equity and payroll income. In addition to transforming the banking business, it is done adaptation to the Framework of Government. Modern banking has opened a new position in the economic system by leveraging technology, which banks

are not only key players. The banking system's customer expectations have changed along with technology.

They expect to be able to receive different services consistent with day-to-day user experiences. Traditional banks are not necessarily the best way to serve these customers, and new players will enter the monetary system with a better understanding of the needs of users and customers. On the other hand, banks as traditional actors of the system, have been able to gain deep trust in their customers over the years, and so they are considered a safer place to get paid services. The convergence of new and traditional actors in this ecosystem can create the best return for monetary customers, as well as leading to customer confidence and tailoring new banking services to their needs.

In the banking ecosystem, the architecture of banking systems is different from traditional ways, and by using open banking platforms, it provides synergy between banks and new players. In open banking, not only new players are found to play key roles in the monetary system, but also the provision of banks' software and hardware infrastructures will also be shifted to a three-way specialized approach bank, supplier and dedicated executor. Providers produce and support the core of comprehensive banking solutions. Dedicated executives have the task of adapting the bank's internal needs to the core of comprehensive banking solutions and implement new bank products on these platforms.

This study was presented with a conceptual model for the implementation of an open banking model in the situation of Iranian commercial banks using grounded theory. The process of information analysis in data- the derived theory is based on the three stages of open coding (creation of concepts and categories), axial coding (axial category identification, causal conditions, the interveners, contexts, strategies, and consequences) and selective coding (theory creation). In the open coding phase, 60 conceptual codes and 25 main categories were identified after extracting and coding all the key points of the interviews.

In the axial coding process, the categories derived from the open coding process were categorized into six categories including customer experience management, economic management and banking process reform, digital data management strategic of customer, technical-legal compatibility based on market and technology optimization activities, infrastructure engineering and implementation mechanisms, and structural productivity

and digital governance in the shadow of competing knowledge partners. Table 6 compares the elements and components of the model with the empirical and theoretical literature of the research subject. The comparative action in this section can show the innovations presented in this study and reflect the "content" or "localization framework" of the research results as well as the extent of its participation in the theoretical foundations of the subject.

One of the main goals of this study was to thematic analysis on a model of implementation of open and technological banking in commercial banks in Iran. So that banking activists can continue to live in the competitive world of today's business and the sustainability requirements in this space. For this purpose, some suggestions are presented concerning the results of this study.

- According to the fundamental nature of the present study, it is recommended that future researchers evaluate each part of the proposed model in terms of quantitative and applied studies. The basic dimensions and components introduced in the present study provide the opportunity for independent studies along with detailed explanations and analyzes to provide practical and practical solutions for the complete and comprehensive deployment of an open banking system in the country's economy.
- Policies adopted by the government of regulators affect the performance of all actors in the open banking ecosystem. Therefore, policymakers and regulators can facilitate open banking in the country by providing rules and standards. The result of regulator policies and guidelines can reduce credit risk and strengthen the accreditation system, along with the rational participation of each ecosystem member.
- Providing a conceptual framework for open banking implementation is needed to guide actions and efforts properly. This conceptual framework is presented in this study.
- It is recommended for bank managers to first consider the necessity of establishing open banking in their banks, based on the developed framework and the results of the accreditation process because if the necessity of deployment is not understood, the deployment of open banking, like other management approaches, will become a managerial fashion and after a while, its importance diminishes.
- After understanding the requirements of establishing open banking, bank managers will be assured that they have the platforms and requirements needed to deploy it. This

will help them to meet fewer obstacles before, during and after the establishment of open banking.

Table 6. Comparison of model components with experimental and theoretical literature of research subject

Open Banking Implementation Model	Theoretical background in the subject literature	No theoretical background in the subject literature
<u>Economic Management and Banking Process Reform</u>		First Interview, Third Interview, Fourth Interview, Seventh Interview, Eleventh Interview, Fourteenth Interview, Seventeen Interview, Twenty-Three Interview
Banking flexibility and compatibility		
Participatory culture	-----	
Managing payment channels		
Risk management		
Cost-benefit evaluation		
<u>Customer experience management</u>	Adrian & Mancini-Griffoli. 2019; Oracle Financial Services; Owen, & Pereira, 2018; OECD, 2020	First Interview, Second Interview, Third Interview, Fifth Interview, Sixth Interview, Fifth Interview, Nineteen Interview, 21st Interview
Customer orientation		
Customer experience management		
<u>Technical-legal compatibility based on market and technology optimization activities</u>		First Interview, Third Interview, Sixth Interview, Seventh Interview, Ninth Interview, Twelfth Interview, Thirteen Interview, Sixteenth Interview, 18th Interview, Twenty-Second Interview, Twenty-Three Interview
Activity framing	Ramdani et al., 2020 ; lipton et al., 2016; Omarini, 2018	
Legal requirement		
Applying optimization and correlation techniques		
Market dynamic		

<u>digital strategic management of customer</u>		
Internal analysis		Second Interview, Sixth Interview, Twelfth Interview, Sixteenth Interview, Seventeen Interview, Eighteen Interview, Nineteen Interview, Twenty-Second Interview, Twenty-Three Interview
External analysis		
Strategic thinking	Mckinsey & Company, 2017	
Customer data	‘ OECD, 2020‘ Hallsworth et al., 2019‘ Cajetan & Ezepue, 2018	
Social media		
<u>Infrastructure engineering and implementation mechanism</u>		
Providing software infrastructure and system architecture	Omarini, 2018‘ lipton et al., 2016‘ Oracle Financial Services, 2018‘ Owen & Pereira, 2018‘ Ramdani et al., 2020	First Interview, Fourth Interview, Fifth Interview, Sixth Interview, Seventh Interview, Ninth Interview, Tenth Interview, Eleventh Interview, Fourteenth Interview, Fifteenth Interview, Eighteenth Interview, Twentieth Interview, Twenty-Second Interview, Twenty-Three Interview
Implementation mechanisms		
Successful implementation		
<u>structural productivity and digital governance in the shadow of knowledge partnerships</u>		
New business modeling	Reynolds, 2017‘ Owen & Pereira, 2018‘ lipton et al., 2016‘ Deloitte. 2020‘ Chaudhry et al., 2016	Third Interview, Fourth Interview, Sixth Interview, Seventh Interview, Eighth Interview, Ninth Interview, Tenth Interview, Fourteenth Interview, Fifth Interview, Seventeen Interview, Eighteen Interview, Nineteen Interview, Twenty-Second Interview, Twenty-two Interview
Digital leadership		
Competitiveness	Hallsworth et al., 2019‘ Eckenrode, 2017	
Development of technical - cultural relations		
Structural efficiency		
value creation		

Source: Research findings

## References

- Accenture (2018). Accenture Open Banking for Businesses Survey 2018: It'S now open banking. [https://www.accenture.com/\\_acnmedia/PDF-90/Accenture-Open-Banking-Businesses-Survey.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-90/Accenture-Open-Banking-Businesses-Survey.pdf). [accessed on 10. 04. 2020].
- Adrian T., Mancini-Griffoli T. 2019. The rise of digital money. FinTech Note 19/01, Int. Monet. Fund, Washington, DC. <https://www.imf.org/en/Publications/fintech-notes/Issues/2019/07/12/The-Rise-of-Digital-Money-47097>. [accessed on 08. 03. 2020].
- Alhojailan, M I. (2012). Thematic Analysis: A critical review of its process and evaluation. *West East Journal of Social Sciences*, 1(1): 39-47.
- Berger, A N., Molyneux, P., & Wilson, j o. (2012). Banking an Overview: The Oxford Handbook of Banking. <https://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199640935.001.0001/oxfordhb-9780199640935-e-001>. [accessed on 08. 03. 2020]. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199640935.013.0001.
- Asadollah, M., Sanavifard, R., & Hamidizadeh, A. Introducing a New E-Banking Model Based on the Rise of FinTechs and Startups (A Case of a Private Bank In Iran). *Journal of Technology Development*, 2019, 7(2): 195-248. <https://doi.org/10.22104/JTDM.2019.3508.2214>. (In Persian).
- Attride-Striling, J. (2001). Thematic network. An analytic tool for qualitative research. *Journal of Qualitative Research*, 1(3): 285-405.
- Barquin, S., Vinayamak, H. V., & Heidi, Y. (2015). *Digital banking in ASEAN:Increasing consumer sophistication and openness*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com//media/mckinsey/businessng>. [accessed on 24. 08. 2018].
- Braun, V., & Clark, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Reseach in Psychology*, 2006, 3(2): 77-101.
- Brodsky, L. and Oakes, L. (2017). Data sharing and open banking. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/data-sharing-and-open-banking> [accessed on 03. 08. 2018].
- Camerinelli, E. (2017). *Open Bank, APIs, and Financial Services Ecosystems: The Future of Banking*. <http://softwareag.com>, © 2017 Aite Group LLC, 2017. [accessed on 24. 08. 2018].
- Chaudhry, A A., Parveiz, A., & Javed, Y. (2016). Determinants of Users Trust for Branchless Banking in Pakistan. *Journal of Internet Banking and Commerce*, 21(1): 1-15.
- Dargahi, E.; Tahriri, A. Representing a Model for Implementing International Financial Reporting Standards in Iran, *Revista de la Universidad del Zulia*, 11 (31), 141-159. DOI: <http://dx.doi.org/10.46925//rdluz.31.11>

Deloitte. (2020). Banking on the Future. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/in/Documents/financial-services/in-fs-deloitte-banking-colloquium-thoughtpaper-cii.pdf>. [accessed on 02. 06. 2020].

Deloitte. (2019). *Creating an open banking framework for Canada.*: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ca/>. [accessed on 09. 07. 2019].

Deloitte. (2015). *How to flourish in an uncertain future of open banking.* <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/financial-services/deloitte-uk-open-banking-how-to-flourish-in-an-uncertain-future.pdf>. [accessed on 11. 05. 2019].

Deloitte. (2014). Banking disrupted how technology is threatening traditional european retail banking model. <https://www.dttl-fsi-uk-Banking-Disrupted-2014-06.pdf> [accessed on 12. 11. 2019].

Eckenrode, J. (2017). Talent, technology, and transformation: Global executives' expectations for the future of financial services. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/financial-services/talent-technology-transformation.pdf>. [accessed on 18.10. 2019].

Euro Banking Association. (2017). Open Banking: advancing customer-centricity Analysis and overview. [https://www.abe-eba.eu/media/azure/production/1355/eba\\_open\\_banking\\_advancing\\_customer-centricity\\_march\\_2017.pdf](https://www.abe-eba.eu/media/azure/production/1355/eba_open_banking_advancing_customer-centricity_march_2017.pdf). [accessed on 02. 06. 2019].

Fingleton. (2019). *Open banking, preparing for lift off.* <https://www.openbanking.org.uk/wp-content/uploads/open-banking-report-150719.pdf>. [accessed on 25. 07. 2019].

Cajetan, I. M., & Ezequie, P. O. Digital banking, customer, experience and bank financial performance. *International Journal of Bank marketing*, 2018, 36(2): 230-256.

Hallsworth, J., Pollari, I., & Ruark, R. (2019). Open banking opens greater value. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2019/05/open-banking-opening-opportunities-for-customer-value.pdf>. [accessed on 02. 06. 2020].

Lipton, A., Shrier, D., & Pentland, A. (2016). *Digital Banking Manifesto: The End of Banks?*. Connection Science & Engineering, Massachusetts Institute of Technology. [https://www.getsmarter.com/blog/wp-content/uploads/2017/07/mit\\_report.pdf](https://www.getsmarter.com/blog/wp-content/uploads/2017/07/mit_report.pdf). [accessed on 25. 07. 2019].

Mckinsey & Company. (2017). Customer experience: New capabilities, new audiences, new opportunities. <https://www.mckinsey.de/-/media/mckinsey/industries/public%20and%20social%20sector/our%20insights/cx%20compendium%202017/customer-experience-compendium-july-2017.pdf>. [accessed on 02. 06. 2018].

OECD (2020), *Digital Disruption in Banking and its Impact on Competition* <http://www.oecd.org/daf/competition/digital-disruption-in-financial-markets.htm> [accessed on 05. 02. 2020].

Omarini, A. (2018). Banks and Fintechs: How to Develop a Digital Open Banking Approach for the Bank's Future. *International Business Research*, 11(9): 23-36, <https://doi.org/10.5539/ibr.v11n9p23>.

Oracle Financial Services. (2018). The New Digital Demand in Retail Banking: From Customer Experience to Engagement Across Life Moments. <https://www.digitalnewsasia.com/sites/default/files/PDF/New%20Digital%20Demand%20Report%202018.pdf>. [accessed on 18. 07. 2020].

Owen, A L., & Pereira, J M. (2018). Bank concentration, Competition and financial inclusion. *Review of Development Finance*, 8(1): 1-17, <https://doi.org/10.1016/j.rdf.2018.05.001>.

Ramdani, B., Rothwell, B., and Boukrami, E. (2020). Open banking: the emergence of new digital business model. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 17(5), <https://doi.org/10.1142/S0219877020500339>.

Reynolds, F. (2017). Open Banking: A Consumer Perspective. <https://www.openbanking.org.uk/wp-content/uploads/Open-Banking-A-Consumer-Perspective.pdf>. [accessed on 15. 06. 2020].

Taherdoost, H. (2016). Validity and Reliability of the Research Instrument; How to Test the Validation of a Questionnaire/Survey in a Research. *International Journal of Academic Research in Management*, 5(93): 28-36.

Vaezi, R., Chekin, M., & Aslipour, H. (2018). Policy-making challenges in the field of health tourism in Iran. *Tourism Management Studies*, 13(41): 1-40, [10.22054/TMS.2018.19752.1548](https://doi.org/10.22054/TMS.2018.19752.1548). ( In Persian).

## Legal technologies as instruments of civil aviation safety improvement in conditions of the fight against COVID-2019

Oksana Myronets \*  
Viktor Olefir \*\*  
Ivan Golosnichenko \*\*\*  
Yuriy Pyvovar \*\*\*\*

### ABSTRACT

Purpose of the paper is to determine current issues and prospective directions of the legal technologies' use for civil aviation safety improvement and future development under modern COVID-2019, post-pandemic challenges and conditions of the new world's order. By using the dialectical method, the current conceptual framework and issues of the legal technologies as instruments of civil aviation safety improvement have been formulated. The formal-dogmatic method contributed to the development of the authors' explanation of the current state, issues, challenges, and practical role of the legal technologies for the further improvement of civil aviation safety under the fight against COVID-2019. In the paper modern challenges to the legal technologies' use for civil aviation safety improvement in pandemic and post-pandemic conditions have been analyzed. Prospects of the legal technologies' effective implementation for the future civil aviation safety improvement in conditions of pandemic, post-pandemic and new world's order have been suggested.

KEYWORDS: civil aviation; safety; pandemics; legislation; technological change.

\*Ph.D. in Law, Associate Professor of Constitutional and Administrative Law Department, Law Faculty, National Aviation University, 1 Liubomyr Huzar Avenue, Kyiv, 03058, Ukraine, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5035-2384>. E-mail: [myronetsoxi@i.ua](mailto:myronetsoxi@i.ua)

\*\*D.Sc. in Law, Professor, National Academy of Law of Ukraine, 70 Pushkinskaya Street, 61024, Kharkiv, Ukraine. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-64-32-8537>. E-mail: [viktorolefir@i.ua](mailto:viktorolefir@i.ua)

\*\*\*D.Sc. in Law, Professor, Kyiv Institute of Intellectual property and right, National University "Odesa Law Academy", Kyiv, Ukraine. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-4372>. E-mail: [golosnichenkopantelei@i.ua](mailto:golosnichenkopantelei@i.ua)

\*\*\*\*Professor, Ph.D. in Law, Head of Constitutional and Administrative Law Department, Law Faculty, National Aviation University, 1 Liubomyr Huzar Avenue, Kyiv, 03058, Ukraine. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8258-7930> Scopus ID: 57203992023; Web of Science ID: O-4973-2016

\*Corresponding author: E-mail: [pyvovaryi@gmail.com](mailto:pyvovaryi@gmail.com)

Recibido: 13/10/2020

Aceptado: 07/12/2020

# Tecnologías legales como instrumentos para la mejora de la seguridad de la aviación civil en las condiciones de la lucha contra COVID-2019

## RESUMEN

El propósito del artículo es determinar los problemas actuales y las direcciones prospectivas del uso de las tecnologías legales para la mejora de la seguridad en la aviación civil, el desarrollo futuro bajo el COVID-2019, los desafíos posteriores a la pandemia y las condiciones del nuevo orden mundial. Utilizando el método dialéctico, se han formulado el marco conceptual actual y las cuestiones de las tecnologías legales como instrumentos de mejora de la seguridad operacional de la aviación civil. El método formal-dogmático contribuyó al desarrollo de la explicación de los autores sobre el estado actual, los problemas, los desafíos y el papel práctico de las tecnologías legales para la mejora adicional en la seguridad de la aviación civil en la lucha contra el COVID-2019. En el artículo se analizan los desafíos modernos al uso de tecnologías legales para mejorar la seguridad de la aviación civil en condiciones pandémicas y pospandémicas. Se han sugerido perspectivas de implementación efectiva de las tecnologías legales para la futura mejora de la seguridad de la aviación civil en condiciones de pandemia, pospandemia y el nuevo orden mundial.

**PALABRAS CLAVE:** aviación civil; la seguridad; pandemias; legislación; cambio tecnológico.

## Introduction

Safety is an ordinary requirement for every type of social activity, including commercial in different spheres of economy. Without any doubts, the civil aviation industry is one the most developed and fast field where the issue of safe existence and functioning is not just a theoretical category for the scientific investigations, but a practical need that is discussed and supported by all aviation countries of the world under the attentive participation and even supervision of international organizations. Due to this fact, the progressive development of aviation in this or that territorially separated state is always made just in accordance with direct and strong world aviation policy that has the prevailing position in relation to the national aviation policy of such a country. The key moment in this belong and will be always connected with the urgent and constant need of the whole aviation community in safe air transportations because consequences in case of airplanes crash can

never be limited by official decisions of national public officers if they have their dangerous and destructive influence on the territory of several states.

In the civil aviation industry safety is considered as non-negotiable assets that need to be put on top of the list (Hasmin et al., 2017). Safety in civil aviation is an intransitive issue for every aviation state and aviation community as a whole to satisfy the needs of its commercial use, protect its participants and so-called third people from any related danger. The status of being intransitive for the category “aviation safety” is based on internationally accepted attitude to the requirement of as more as practically possible rapid aviation adaptation to hazards of any nature.

Globally, civil aviation has been marked by two general trends: increasing traffic volume and an improving safety record (Pramono et al., 2020).

Nowadays, we may notice a bright example of such a complicated challenge for the whole aviation industry that is represented by pandemic conditions and negative consequences connected with them.

This is a challenge as while commercial air transport operations lend themselves well to high levels of regulation, they cannot be translated literally to healthcare, with its associated unknowns and variables (Hardie & Brennan, 2020). The world’s community suggested different measures to stabilize the situation and ensure the possibility for its further differently directed development. The nature of the mentioned proposals is characterized by the variety of their content and essence. In general, all of them being technically, legally, economically and so on oriented may be determined as specific technologies that are used strategically for the future of the world’s civil aviation in pandemic and even post pandemic conditions of its development.

Among them, it is relevant to distinguish legal means as technologies of national and international levels that are to provide civil aviation safety under the official control of national governments and international organizations in the field of aviation transport.

The COVID-19 threat provides critical legal scholarship with a unique opportunity, despite all of the current and future uncertainties and speculations, to move far beyond the mainstream understanding of the economic constitution and private law (Micklitz, 2020).

Thus, the purpose of the article is to determine current issues and prospective of the legal technologies use to improve civil aviation safety under the fight against COVID-2019

and in post pandemic conditions. To achieve this aim it is needed to perform the following tasks: 1) to consider theoretical-legal fundamentals of the legal technologies and their practical role in civil aviation safety improvement; 2) to analyze the current state, issues and challenges to the legal technologies for the civil aviation safety in pandemic conditions; 3) to investigate particularities and suggest prospects of the legal technologies use in the civil aviation safety further improvement and development in post pandemic reality.

The mentioned tasks are to investigate a subject of the article that is legal technologies as instruments of civil aviation safety improvement in modern conditions of the fights against COVID-2019 taking into account the legally regulated relations in the sphere of civil aviation safety implementation that is an object of the paper.

## 1. Methods

To achieve the aim of the article, general-scientific and special-legal methods of cognition have been applied.

By using the dialectical method, the current conceptual framework and issues of the legal technologies as instruments of civil aviation safety improvement have been formulated.

The formal-dogmatic method contributed to the development of the authors' explanation of the current state, issues, challenges, and practical role of the legal technologies for the further development and improvement of civil aviation safety under the fight against COVID-2019.

The formal-legal method gave the opportunity to suggest the directions and kinds of legal technologies use as the prospects for the improvement of civil aviation safety in modern pandemic and post pandemic conditions.

## 2. Results

Investigating a concept of legal technologies, we have to result that in conditions of pandemic and post pandemic reality they may be effectively used by national governments and involved international organizations as practically constructive instruments of the development and improvement of civil aviation safety that describes their essential role in current and future aviation policy for the whole aviation community's existence and functioning.

Among current challenges to legal technologies effective use to ensure the improvement of civil aviation safety in pandemic conditions we have to mention not just outside negative COVID-2019 influence, but also inside technical non-readiness, political non-coordination, economic non-willingness of civil aviation system administration by use of appropriate legal technologies as the platform for peoples' protection in conditions of the commercial income decrease as an objective and logically acceptable need.

Thus, we suggested to understand and use the legal technologies as the regulatory-protective basis for the modern aviation safety policy formation that has to be represented by the safety improvement in relation to 1) airports and their personnel activity; 2) aircraft functioning and their personnel activity; 3) transportation of passengers, their luggage with the taking of special attention to animals, and cargo by air. The measures that are suggested by the modern legal technologies may be divided into social-self-preventive, ideological-educative and technical ones.

The whole civil aviation community's adequate reaction on and appropriate acceptance of the suggested directions for the aviation industry safety improvement creates a required fundament for its future existence and effective functioning in modern post pandemic reality under the rapid cyber technologies development involving cyber humans further participation as a part of aviation personnel and consumers of aviation services under the new world's order.

### 3. Discussion

#### 3.1. Fundamentals of legal technologies and their practical influence on civil aviation safety improvement in the COVID-2019 conditions

Among the composite parts of civil aviation safety legal component takes a specific place due to its generally significant role for the whole system of safety in the sphere of commercial air transport.

At the same time, the contents and essence of the mentioned legally oriented part as a legal technology to be used for the improvement of current state and response to present challenges for the world's aviation in pandemic times is not investigated fully. Thus, this gape requires its filling to resolve a significant scientific task of today's reality that is stabilization and improvement of civil aviation safety by any possible means, including legal, for the

further effective functioning and development of civil aviation under the fight against COVID-2019 and in post pandemic conditions.

To our point of view, the practically useful influence of legal technologies in general and on the state of civil aviation safety, in particular, is directly connected with the deep theoretical understanding of their nature. Under the urgent need to ensure the stabilization of the current situation in the field of safe transportations by air under the world's pandemic, science has to pay its attention to the phenomena of the mentioned technologies to find the directions of their most productive and useful implementation in modern conditions of the whole mankind response on global socially transformed challenges.

### 3.1.1. Conceptual understanding of legal technologies in legal regulation and protection of social relations to ensure civil aviation safety

Regulation and protection of social relations by the means of legal nature is made by a system of special generally accepted regulators of such relations acceptable for this or that country according to their differently oriented development.

States' evolution is a complicated phenomenon that is based on political-economic, historical, social-cultures and within the last component traditional-religious conditions and peculiarities of their origin. In most secular countries officially adopted rules by state bodies with legislative plenary power are the socially accepted regulators of differently natured legal relations and further development of such states. Thus, the mentioned norms are understood as specific and appropriate instruments for a certain state on a definite stage of its existence according to the outside and inside conditions of its own development. The prevailing role in such a process is played by the state's rules that provide regulative and protective policy in different branches of the state's and its people's activity. In our point of view, the value of these norms in their practical ability to be specific technologies of legal nature that are effectively used by modern state power in the providing of modern public administration for the improvement and stable development of their countries.

Being juridically acceptable, the concept of legal technologies is still new for legal science. On the one hand, norms of law as regulators of social relations are known for this part of scientific cognition. On the other hand, we insist that in conditions of modern global reality under social transformations and the world's fight against COVID-2019 directly the term "legal technologies" describes the essence of such regulators of modern nature under

recent complicated conditions and expresses the contemporary significance of their constructive influence on modern societies.

Thus, to according to our position, a concept of legal technologies in pandemic and post pandemic times may be understood as regulatory-protective instruments that are used by national governments and involved international organizations for the development and improvement of civil aviation safety and providing the appropriate aviation policy under the requirements and needs of reality.

### 3.1.2. Role and significance of legal technologies in the system of civil aviation safety ensuring

Identification of any phenomenon role may be understood just by its comparing with similar phenomena and according to an approach of their interconnection and vision them as existing in a common system. Thus, it is needed to analyze a system of civil aviation safety to estimate the role of legal technologies for such a system and its efficient functioning especially in non-ordinary pandemic and post pandemic reality.

For instance, according to the item 20 of the part 1 of the article 10f of the Air Code of Ukraine, aviation safety is the state of the civil aviation industry, where the risk of causing damage to people or property is reduced to an acceptable level as a result of a continuous process of determining and controlling the level of danger and maintained at that level, or decreases further, in the areas of flight safety, aviation security, environmental safety, economic security and informational safety (2011). Taking into account the mentioned above, the direct structure of aviation safety is represented in the part 1 of the article 10 of the Air Code of Ukraine by the formulation that it consists of flight safety, aviation security, environmental safety, economic safety and informational safety (2011).

Thus, legal technologies are not determined directly as an integral part of safety in the sphere of civil aviation. At the same time, under strict analysis it is possible to make a conclusion that the mentioned technologies are not just indissolubly part of civil aviation safety, but they determine the level of safety in all integral components of its whole structure. More else, legal technologies play such a significant role on the level of a separate country and on the level of the whole aviation world.

We mean that effective and appropriate regulative-protective measures provided by aviation states and organizations in the sphere of civil aviation such as, for example,

International Civil Aviation Organization, in conditions of the fight against COVID-2019 and for the further post pandemic reality determine the appropriate and practically needed directions to improve flight safety, aviation security, environmental safety, economic safety, informational safety separately, and, thus, aviation safety in general. Nowadays, national and international legal technologies are the local and world's instruments for the gradually accepted but systematic influence and control for the civil aviation safety improvement in pandemic and post pandemic conditions.

The idealistic aspiration of zero accidents, albeit statistically unachievable, keeps everyone in the aviation profession focused on building an increasingly safe aviation system (Balcerzak, 2017). We think that only legal technologies under the pandemic as the challenge for the aviation industry proper functioning may be not just a valuable, but the development-oriented instrument.

More else, even safeguarding civil aviation against acts of unlawful interference may be taken by applying legal solutions as well as preventive actions. The latter solutions, aimed at ensuring security, and thus securing civil aviation against acts of unlawful interference, can be used and implemented at airports, on board aircraft, and through the use of operational solutions (Sliwinska, 2019).

Improving the organization of air transport security system, including the increase of efficiency of aviation counter-terrorism, will require changes in methods and ways of using forces and measures, modification of operating procedures, as well as changes in legislation (Radomyskia & Bernat, 2018).

The mentioned above fully describes their significant role in civil aviation safety improvement policy and opens its readiness to new expected and unexpected challenges in a rapidly developed informational world.

### 3.2. Currents issues and prospects of the legal technologies use for the further civil aviation safety development in pandemic and post pandemic conditions

Taking into account commercial profit loss as the biggest challenge for the aviation industry under the pandemic, it is needed to be careful to suggest directions and measures for further civil aviation safety improvement because they are connected with the involvement of monetary resources too.

This has clear implications for the aviation industry as well as indirect consequences to several sectors (e.g. tourism) and the economy at large as well as the society (Iacus, et. al., 2020). At the same time, COVID-2019 created a dilemma of choosing between the high possibility of human health and life loss for the sake of commercial gains in the aviation industry and the loss of commercial profits in the mentioned field for the sake of human health and life-saving. New health screening controls would be imposed at airports, translating in higher costs for airports and passengers (Suau-Sanchez, Voltes-Dorta & Cuguero-Escofet, 2020).

Logically the first of more profitable but limited by the quantity of civil aviation users in a separate country and in the whole world. More else, this way is destructive from the beginning because under the total absence of passengers for their transportation by air, civil aviation's role may be significantly low even taking into account the world's needs in cargo transportations by air.

Thus, even under the acceptable commercial loss civil aviation is under the necessity to make appropriate rules for the increase of its safety in pandemic and post pandemic conditions. The complex of such rules, to our mind, has to be represented by an efficient and modern system of legal technologies for the stable functioning of the aviation industry under safe transportations by air.

More else, COVID-19 has demonstrated that, rather than having airports and airlines change their practices alone, it is necessary that States change their practices along with them in a uniform and widespread manner. Considering that COVID-19 affected various sectors in various locations, change should be spurred not only on a micro-scale, that is, by the various stakeholders of the various industries so affected, but also on a macro-scale, that is, by the different governments of the world. Change, therefore, can only be achieved by all acting as one (Cassar, 2020).

### 3.2.1. Current challenges for the legal technologies implementation for the civil aviation safety improvement under the fight against COVID-2019

The challenges for the use of legal technologies with the aim to improve the state of safety in the field of modern civil aviation may be represented by their dividing on external and internal.

Among the first, we have to stress on pandemic existence with its negative consequences on both sides of aviation relations. On the one hand, airports and airplane personnel as providers of aviation service need the increase of safety under the fight against COVID-2019. On the other hand, for example, passengers as consumers of aviation service require their safe transportations that have to be done under the change of ordinary conditions and the transformation of protective measures for movement by air. One more element in this process belongs to a so-called psychological component due to the increase of stressful levels for the human psyche for being transported by air in conditions of adaptive quarantine as a reaction to pandemic existence.

The second group of challenges originates from the internal disagreements in the civil aviation component support and functioning. The first of them is represented by the technical non-readiness of this industry to own automatic evolution due to the pandemic conditions. We mean that even being rather developed technically, the aviation sphere was not prepared and, thus, did not have its predictive technical reaction on the total change of ordinary requirements for cargo, passengers, and their luggage transportation in extreme conditions.

More else, in civil protection airport systems, it is essential to consider, for example, potential risks to the airport, the vast terrain to be guarded by Aviation Security Service and other services, a specific airport infrastructure, passenger and freight traffic (Nowak, Ogonowski & Kustra, 2019).

Also, there is a second integral element that may be determined as the political non-coordination between national governments in providing aviation policy under the fight against COVID-2019 but within the international civil aviation functioning requirements. Thus, the last regulation also had to be rapidly adapted in differently-oriented directions to stabilize the current state of civil aviation safety and suggest its improvement.

The third component is represented by the economic non-willingness of the civil aviation system administration to commercial loss due to the decrease of aviation transportation quantity in the pandemic, and to the additional spending for the airports and airplanes safety improvement as well as the aviation personnel protection in non-ordinary conditions under the requirements of modern legal technologies.

Strict measures (quarantine, flight cancelations, travel restrictions) can reduce risks significantly but come with the cost of a large social, economic and political risk. Airport controls, especially in the case of novel diseases with unknown symptoms or high asymptomatic shares, can prove inadequate and may even give a false sense of security (Christidis & Christodoulou, 2020).

Thus, the mentioned challenges represent the fundamental reasons for civil aviation safety issues whereas, in our opinion, under the fight against COVID-2019 the commercial income decrease is an objective and logically acceptable need for the mentioned safety improvement in accordance with modern legal technologies in this sphere.

### 3.2.2. Prospects of the legal technologies use in the civil aviation safety improvement in conditions of post pandemic reality

Pandemic conditions and circumstances generated the differently-structured need for the stabilization of civil aviation safety and its future improvement for the further existence and development of civil aviation in the world. Nowadays the gradual changes of technical, political, and economic components in dealing with the administration of the aviation industry are visible and still on their way to be practically transformed in accordance with modern legal technologies.

To our mind, the prospects of the legal technologies use in the civil aviation safety correction and evolution due to the pandemic and, more else, post pandemic reality may be divided into three groups.

More else, aviation technologies are constantly improving; as a result, aviation specialists need to update their skills including of focus on updating self-study skills (Plachynda, Herasymenko, Pukhalska, Kryzhevskaya, 2019).

The first group of legal technologies is to improve a safe component of airports and their personnel activity during their interaction with passengers, their luggage and cargo before, during and after their transportation by air.

The second group of legal technologies is for the evolution of safety level for aircraft functioning and their personnel activity before, during and after their flight in conditions of the fight against COVID-2019.

The third group of legal technologies is to protect passengers, their luggage with the taking of special attention to animals, and cargo before, during and after their transportation by air.

The measures that are suggested by the modern legal technologies may be divided into social-self-preventive, ideological-educative and technical ones.

The social-self-preventive measure is to create a social habit to keep distance and mask regimes in airports, planes, and interaction with any passenger or airport or aircraft servant or personnel as an ordinary rule for communication and aviation service. This component has a self-protective character in the meaning to form in every person's psyche as a required need for own health protection as one of the elements of the whole civil aviation safety policy if new times.

The ideological-educative measure is to gradually educate a modern "ideology" of the civil aviation use under the fight against COVID-2019. Providing and imperative support of testing and screening programs for the arrival passengers or the requirement of medical profess of their appropriate health state not just as a protective measure in relation to them, but to other passengers, airport and aircraft personnel and even other inhabitation of the passengers' arrival country. Also, the providing of imperative educative influence in mass media, educational institutions of the especially young generation to train serious attitude to distance and mask regimes due to the not just care about own but other people's health and respect to their right to live. The mentioned requires special attention to be paid to the weakness of those at risk during the fight of their immunity against HIV, oncology, and other serious fatal diseases. Thus, the youth's understanding of their possible being carriers of COVID-2019 under their strong immunity, and the high possibility for the mentioned ill people to die due to the unsafe contact in public places has to be trained and explained.

Where the COVID-19 pandemic has presented an unprecedented threat to global health, impacting every country throughout the world, it will be urgently necessary at the earliest appropriate moment to reshape the global health law landscape to respond collectively to the common threat of future pandemics (Gostin, Habibi & Meier, 2020).

The technical measure requires additional spending and training for airports and airplanes technical improvement and special closing of airport servants and aircraft personnel, also service for their check, and pacing, transfer of cargo, luggage and especially

animals. Concerning the last, testing of suspected animals has to be provided directly in airports in case of the need, and temperature screening has to be used in relation to the animals transported by air. Cargo and luggage packing, check, and transfer has to be organized with more use of technical possibilities under the less involvement of humans. In this regard, the whole world's community has to be prepared to implement new cyber technologies and possibilities. Nowadays the idea of gradual transforming of airport and aircraft personnel from fully human to partially cyber is still rather provocative. At the same time, the use of cyber technologies with the aim of civil aviation safety improvement will face the issue of its cyber modernizations due to the needs of reality that now is dictated by the pandemic. But in conditions of the future challenges of different nature under technical progressive possibilities, the involvement of cyber humans' participation as a part of aviation personnel and consumers of aviation services under the new world's order cannot be excluded.

With the rapid development of information technology and deepening in reform of civil aviation management system, how to better apply the modern information technology to promote the modernization of our civil aviation industry has become an important mission for civil aviation information technology (Renliang, 2012). The greatest challenge for civil aviation is its protection in cyberspace. The availability and universality of networking solutions intensifies this challenge even further. It cannot be stated that civil aviation is here, completely helpless. In the present conditions, the applied solutions bring appropriate results, however, still the question might be asked whether we will not be astonished by future developments? (Nowak, Ogonowski & Kustra, 2019).

## Conclusion

In conditions of global changes and social transformations under the modern challenges of pandemic and post pandemic reality, the role of civil aviation safety is quite significant. The perspective directions of its future development and improvement are based on the following results.

1. A concept of legal technologies in pandemic and post pandemic times may be understood as regulatory-protective instruments that are used by national governments and involved international organizations for the development and improvement of civil aviation

safety and providing the appropriate aviation policy under the requirements and needs of reality.

2. Legal technologies are not just the indissolubly part of civil aviation safety, but they determine the level of safety in all integral components of its whole structure.

3. The challenges for the use of legal technologies with the aim to improve the state of safety in the field of modern civil aviation may be represented by their dividing on external and internal.

The first one is characterized by negative consequences on both sides of aviation relations that are airports and airplane personnel as providers of aviation service and passengers as consumers of aviation service under the fight against COVID-2019. The second one is represented by technical non-readiness, political non-coordination, and economic non-willingness of civil aviation system administration by the use of appropriate legal technologies as the platform for peoples' protection in conditions of the commercial income decrease under the pandemic.

4. Nowadays the gradual changes of technical, political, and economic components in dealing with the administration of the aviation industry are visible and still on their way to be practically transformed in accordance with modern legal technologies. The prospects of the legal technologies use in the civil aviation safety correction and evolution due to the pandemic and, more else, post pandemic reality may be divided into three groups that are 1) airports and their personnel activity; 2) aircraft functioning and their personnel activity; 3) transportation of passengers, their luggage with the taking of special attention to animals, and cargo by air.

5. The measures that are suggested by the modern legal technologies may be divided into social-self-preventive, ideological-educative and technical ones. In conditions of the future challenges of different nature under technical progressive possibilities, the involvement of cyber humans' participation as a part of aviation personnel and consumers of aviation services under the new world's order cannot be excluded.

## References

Air Code of Ukraine of May 19, 2011, No.3393-VI. *Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, 48-49, 536.

Balcerzak, T. (2017). A “just culture”? conflicts of interest in the investigation of aviation accidents. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 94, 5–17. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2017.94.1>

Cassar, R. (2020). Evolution or Devolution: Aviation Law and Practice After COVID-19. *Air & Space Law*, 45, 3-16.

Christidis, P., Christodoulou, A. (2020). The Predictive Capacity of Air Travel Patterns during the Global Spread of the COVID-19 Pandemic: Risk, Uncertainty and Randomness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3356. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103356>

Gostin, L.O., Habibi, R., Meier, B.M. (2020). Has Global Health Law Risen to Meet the COVID-19 Challenge? Revisiting the International Health Regulations to Prepare for Future Threats. *Journal of Law Medicine & Ethics*, 48, 376-381. <https://doi.org/10.1177/1073110520935354>

Hardie, J.A., Brennan, P.A. (2020). Are you surgically current? Lessons from aviation for returning to non-urgent surgery following COVID-19. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 58, 843–847. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2020.06.012>

Hasmin, N.A., Zainudin, A.H., Shah, R.M., Yunus, A.W.D. (2017). International aviation safety standard: reducing aviation risk in Malaysia through legal mandate. *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences*, 674-683. URL: [https://www.europeanproceedings.com/files/data/article/76/4024/article\\_76\\_4024\\_pdf\\_100.pdf](https://www.europeanproceedings.com/files/data/article/76/4024/article_76_4024_pdf_100.pdf)

Iacus, S.M., Natale, F., Santamaria, C., Spyrtos, S., Vespe, M. (2020). Estimating and projecting air passenger traffic during the COVID-19 coronavirus outbreak and its socio-economic impact. *Safety Science*, 129 <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104791>

Micklitz, H. (2020). The COVID-19 Threat: An Opportunity to Rethink the European Economic Constitution and European Private Law. *European Journal of Risk Regulation*, 11(2), 249-255. <https://doi.org/10.1017/err.2020.42>

Nowak, J., Ogonowski, K., Kustra, M. (2019). Selected aspects of civil aviation security. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 104, 137-146. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2019.104.12>

Nowak, J., Ogonowski, K., Kustra, M. (2019). Selected threats to civil aviation. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 104, 137-146. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2019.104.12>

Plachynda, T., Herasymenko, L., Pukhalska, G., Kryzhevskaya, K. (2019). Using Information Communication Technologies in Professional Training of Future Civil Aviation Pilots. *Revista Românească pentru Educație Multidimensională*, 11 (2), 270-281. <https://doi.org/10.18662/rrem/129>

Pramono, A., Middleton, J., Caponecchia, C. (2020). Civil Aviation Occurrences in Indonesia. *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 2020, ID 3240764, <https://doi.org/10.1155/2020/3240764>

Radomyskia, A., Bernat, P. (2018). Contemporary Determinants of Organising Effective Protection of Civil Aviation Against Terrorism. *Transportation Research Procedia*, 35, 259-270, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.021>

Renliang, J. (2012). The Idea to Promote the Development of E-Government in the Civil Aviation System. *Physics Procedia*, 24, 1488-1492. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.02.220>

Sliwinska, A. (2019). Operational solutions aimed at safeguarding civil aviation against acts of unlawful interference. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transpor*, 105, 201-211. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2019.105.16>

Suau-Sanchez, P., Voltés-Dorta, A., Cuguero-Escofet, N. (2020). An early assessment of the impact of COVID-19 on air transport: Just another crisis or the end of aviation as we know it? *Journal of Transport Geography*, 86, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102749>

## International experience on the improvement of national management technology and legal regulation of public contracts

Viktoriia Holubieva \*  
Liliia Nevara \*\*  
Serhiy Savchuk \*\*\*  
Andriy Detiuk \*\*\*\*  
Valerii Tatsiienko\*\*\*\*\*

### ABSTRACT

The objective of the research is to study the global experience of the legal regulation and organization of public procurement (from a not only legal but also a technological perspective), which should be the basis for suggestions to improve the legal regulation mechanism for procurement public in Ukraine. For the implementation of the comparative legal part of the study, normative legal acts and acts of official interpretation of the legal systems of the following states, as well as related scientific and scientific-practical materials, were used: USA, Australia, New Zealand, Japan, Switzerland, South Korea, United Kingdom, Japan, Egypt, Canada, Malaysia, Israel, India, Argentina, Australia, New Zealand. The unification of electronic public procurements systems remains to be a topical and unresolved task for the WTO GPA member countries. The experience of some countries in encouraging small and medium-sized enterprises in electronic public procurement is considered progressive and positive. We consider it necessary to adopt the experience of the USA, Israel, China countries and accelerate the adoption of laws in Ukraine to support national producers.

KEYWORDS: international experience; legal regulation; public procurement; tender documentation; electronic database of public procurement.

\*PhD in law, Associate Professor, Professor of International and European Department, Law Institute, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Ukraine. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3903-3451>. E-mail: [holubievavic@i.ua](mailto:holubievavic@i.ua)

\*\*PhD in Law, Associate Professor of International Law and Comparative Law Department, National Aviation University, Ukraine. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1775-8806>. E-mail: [nevaralili@i.ua](mailto:nevaralili@i.ua)

\*\*\*PhD in Law, Associate Professor of International Law and Comparative Law Department, National Aviation University, Ukraine. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1814-0509>. E-mail: [Savchuksergio@i.ua](mailto:Savchuksergio@i.ua)

\*\*\*\*PhD in Law, Director, 'Crocus, LTD', Ukraine. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5344-5669>. E-mail: [detiukandriy@i.ua](mailto:detiukandriy@i.ua)

\*\*\*\*\*PhD in Law, Associate Economic Security and Financial Investigations Department, National Academy of Internal Affairs, Ukraine. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8127-457X>. E-mail: [tatsiyenkoval@i.ua](mailto:tatsiyenkoval@i.ua)

Recibido: 15/10/2020

Acceptado: 08/12/2020

## Experiencia internacional en la mejora de la tecnología de gestión nacional y regulación legal de la contratación pública

### RESUMEN

El objetivo de la investigación es estudiar la experiencia global de la regulación legal y la organización de la contratación pública (desde una perspectiva no solo legal sino también tecnológica), que debe ser la base de sugerencias para mejorar el mecanismo de regulación legal de la contratación pública en Ucrania. Para la implementación de la parte jurídica comparada del estudio se utilizaron actos jurídicos normativos y actos de interpretación oficial de los sistemas jurídicos de los siguientes estados, así como materiales científicos y científico-prácticos relacionados: EE.UU., Australia, Nueva Zelanda, Japón, Suiza, Corea del Sur, Reino Unido, Japón, Egipto, Canadá, Malasia, Israel, India, Argentina, Australia, Nueva Zelanda. La unificación de los sistemas electrónicos de contratación pública sigue siendo una tarea de actualidad y sin resolver para los países miembros del ACP de la OMC. La experiencia de algunos países en el estímulo a las pequeñas y medianas empresas en la contratación pública electrónica se considera progresiva y positiva. Consideramos necesario adoptar la experiencia de los países de EE. UU., Israel, China y acelerar la adopción de leyes en Ucrania para apoyar a los productores nacionales.

**PALABRAS CLAVE:** experiencia internacional; regulación legal; la contratación pública; documentación de la licitación; base de datos electrónica de contratación pública.

### Introduction

In fact, the legislation of Ukraine related to the government procurement is continuously developing and systematising, but nonetheless, there are the existing and potential risks and problems of functioning, which are to be solved. That is, one of the significant problems of the government procurement system of Ukraine is the considerable scope and 'relative novelty' of the regulatory framework. Constant change of statutory instruments is one of the main problems of the system of state procurement, which leads to ambiguous interpretation of principles and rules of public procurement, as well as to ineffective enforcement. One may say that recently the legislation on government procurement has been drastically changing, which in practice leads to numerous conflicts and difficulties in practical activities of business entities.

It should separately be noted that Ukraine, as well as many other countries, relied on the UNCITRAL Model Law 'On Procurement of Goods, Construction and Services', dated

June 17, 1994 (UNCITRAL, 1994) when developing a national profile/special law in the field of government/public procurement. It is worth pointing that not all the countries have specific legislative acts regulating government/public procurement, but are guided by the subordinate legislation (for example, Australia (Australian Government, n.d.), New Zealand (New Zealand, n.d.; GETS.GOV.NZ, n.d.; BUSINESS.GOV.NZ, 2020).

## 1. Purpose and Objectives of the Study

The objective of the research is to study the global experience of the legal regulation and organization of public procurement (from a not only legal but also a technological perspective), which should be the basis for suggestions to improve the legal regulation mechanism for procurement public in Ukraine. Identified advanced ideas, progressive practices, and autho's suggestions can be a scientific product that is suitable for its use by scientists and practitioners in other countries.

Let us consider some provisions of the Law of Ukraine 'On Public Procurement' in comparison with the WTO GPA, relevant regulations of the Association Agreement, national practice and foreign experience (best practice), taking into account some aspects of the process of government procurement. In particular (Nabiullin & Kuznetsova, 2012: 16-17): a) the efficiency of meeting state (whole-of-government and municipal) needs for goods, works, and services in full, acceptability of terms and the best ratio of quality and price; b) the competition due to the maximum number of participants/suppliers, transparency of all stages of the procurement procedures and information provision, which, in its turn, should counteract corruption when applying the mechanism of government/public procurement; c) the promotion of the development of a national commodity producer (especially small and medium sized enterprises).

## 2. Methods and Materials

The methodological basis of the research is formed by a complex of general scientific, special-scientific methods of cognition, including dialectical, systemic, structural-functional, hermeneutic, comparative-legal, formal-legal (dogmatic), modeling method.

The dialectical method helped to identify legal and factual contradictions about the type of legal regulation of public procurement in Ukraine. The structural-functional method showed the advantages and prospects of creating a special authority for regulating

public procurement, and also showed the feasibility of creating subject catalogs for the electronic database of public procurement. The subject of a synchronous legal comparison in the paper was the existing organizational and legal mechanisms for regulating public procurement in different countries. At the same time, mainly legal norms and institutions of different countries were subjected to microcomparison. These methods represent the empirical part of the study, based on the study of legal texts related, first of all, to the number of sources of law.

At the same time, the empirical part of the research is preceded by a rational component, which involves the use of a general scientific method of deduction, used to reconstruct hypothetical ideas necessary to achieve the purpose of the research. This method made it possible to identify both the general, which is the same in the procedures for conducting public procurement in different countries, and the particular, non-coincident. The cognitive value of this method consisted in identifying general patterns of development of the institution of public procurement in different countries, the knowledge of which serves as a prerequisite for proposals for improving national legislation. The method of legal modeling made it possible to formulate regulatory provisions as drafts of legal norms to supplement laws.

*Source base of the study.* The source base of the study was made up of the works of Ukrainian and foreign researchers, as well as legal texts related to various legal systems, and doctrinal generalizations of legislation, practices necessary for the implementation of tasks related to the application of the comparative legal method in the study. For the implementation of the comparative legal part of the study, normative legal acts and acts of official interpretation of the legal systems of the following states, as well as related scientific and scientific-practical materials, were used: USA, Australia, New Zealand, Japan, Switzerland, South Korea, United Kingdom, Japan, Egypt, Canada, Malaysia, Israel, India, Argentina, Australia, New Zealand, et al.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Types of implementing and regulating government procurement in a world practice

In the world, three types of implementing and regulating government procurement are conventionally used: centralized (USA), decentralized (Australia, New Zealand, Japan, Switzerland) and combined (South Korea, United Kingdom). Ukraine, declaring the centralized method (Article 1 par 36 of the Law of Ukraine No.922-VIII), basically applies the combined one in practice. The current trend in the world is to reduce the number of decentralized purchases, that is, carrying out them by state authorities independently, and to implement the system, in which procurement for government needs will be carried out, as a rule, centrally (Nabiullin & Kuznetsova: 17). One of the most difficult problems is the introduction of a centralised procuring organisation in Ukraine, on the model of the EU countries, which is enshrined in the Law of Ukraine No.922-VIII and in the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine On Launching the Pilot Project for Central Procurement Organization Activity Arrangement, dated Nov. 23, 2016.

In accordance with the Law of Ukraine No.922-VIII, all budgetary and state institutions began to purchase for more than the amount determined (as a rule, UAH 200.000 for procurement of goods and services and UAH 1.5 million for procurement of works (Article 2 par. 1)), on the basis of 'ProZorro' electronic platform.

The Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine (par. 1) (CMU, 2014) was determined as the authorized body in the field of government/public procurement (Article 1 par. 34; Article 8 par. 1, 2), while the Anti-Monopoly Committee of Ukraine is the appeal body in this field (Article 1 par. 14; Article 8 par. 3), which corresponds to the obligations of our State under Article 150 par. 2 (a), (b) of the Association Agreement 2014. That is, Ukraine does not have a specially created central government body, which not only regulates/coordinates (as well as the Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine), but directly carries out public procurement in a countrywide scale, for example, as in case with:

- the Republic of Korea: the Public Procurement Service (PPS), which, among other things, manages and maintains the Korea ON-line E-Procurement System (KONEPS) that provides access to government procurement for all interested parties on a single official web-site in real time via the Internet ('ProZorro' Electronic System operates in a similar way in Ukraine). KONEPS can be an example of the further development of ProZorro, as one of the most advanced systems. For example, more than 160 forms of documents for the

electronic document circulation were 'sewed', and Government for Citizens (G4C) data exchange system was integrated into KONEPS system, which allows to reduce the number of and, in general, avoid hard copies from participants in /suppliers of bidding, etc.;

- the USA: the Office of Federal Procurement Police. The main information resource for suppliers is the Federal Business Opportunities Portal (FPDS, n.d.), which contains the information about customers, suppliers, and the reference information. (By the way, the organizational and legal provision of government procurement in Canada is carried out according to the similar scheme by the Public Works and Government Services Canada (Buyandsell.gc.ca, n.d.) through the system of its main public portal). The Federal Government Procurement Information System in the USA is quite complex, and contains at least nine resources (open, closed, auxiliary, etc.), which have been integrated into the System for Award Management (SAM) since 2014, in order to unify and simplify the registration for access and enhancement of functionalities, avoidance of the duplication of information, etc. One cannot ignore mutual similar allegations of lack of transparency on the part of the EU against the United States: 'Lack of transparency: It is not easy to find proper and timely information on government contracts opportunities in the US. There is no general access point (apart from the Federal tenders) to information on opportunities to bid for government contracts and the information is provided is often unclear' (EU, 2019a).

- Japan: the Japan External Trade Organization (JETRO, n.d).

As a result of the study of existing approaches to government/public procurement, several of its models have been formed: a) the American Model based mainly on the single national strategy for the budget allocation, and the determination of a structure of government orders and the procedure for their receipt; b) the European (Continental) Model based on the competitive placement of public funds, and their contractual distribution in the procurement process.

### 3.2. Information systems and internet technologies as means of national management technology of public procurement

In the academic literature, the term `technology` is considered as a set of forms, methods and techniques of any process aimed at achieving goals (Ivanov & Patrushev, 1995: 222). Technology refers to methods, systems, and devices which are the result of scientific knowledge being used for practical purposes (Collins Dictionary, n.d). It follows that

management technology is a set of forms, methods, means of influencing the subject of management on the object of management in order to achieve a better result (Ivanov & Patrushev, 1995: 222).

In our study, the term `technology` should be used in two senses: first, as a special set of forms, methods, ways and means of national management of the public procurement system; secondly, as information, hardware, development, software products. In the first case, the term `technology` forms the concept of `national governance (management) technology`, and in the second case - forms the concept of `information technology`.

According to Hrihorii Atamanchuk, “modern technologies are systems: goals - procedures (rules) - technical means - operations (actions) - motives (incentives)” (2006). H. Atamanchuk, V. Ivanov & V. Patrushev expresses their essence in this way:

1) unswerving, mandatory and systematic implementation of established procedures and actions, as a result of which the desired (planned) objective result (product, product) in the specified parameters should always occur;

2) mass, large-scale and widespread use the most rational and effective procedures and operations for the production of certain products and social services (consumer values);

3) the use of those procedures and operations, technical means and forms of behavior that are among the latest achievements, correspond to the world level and bring maximum social effect` (2001; 2006: 32).

Public administration technologies as a set of techniques and procedures for purposeful activity not only streamline the means to achieve the goal, but also consolidate the sequence of actions, the development of appropriate algorithms for the subject's behavior. It is the algorithms that isolate and consolidate the most optimal and effective ways to solve a particular problem, and also make it possible to transfer and replicate the acquired experience.

The structure of public administration technologies, as a rule, includes three most significant components: specific knowledge; specific techniques, procedures and methods of action; as well as various technical and resource components.

Specific techniques and methods of activity of public administration bodies directly depend on the availability of certain personnel structures, technical equipment, and the availability of resources that affect the content of public administration technologies.

Re-organising public administration with extensive use of new technologies and an emphasis on e-Government initiatives and schemes has become a priority for the government in power, with the aim of a more cost-effective, and open public administration (EPLO, n.d.: 3).

By integrating the use of Information and Communication Technologies (ICTs) in its procedures, public administration can achieve an increase in productivity and efficiency and, simultaneously, reduce phenomena of corruption and maladministration (EPLO, n.d.: 7).

The use of new technologies in administrative procedures not only renders 'red-tape' obsolete, but above all implies a major reshaping of the public administration-citizen relation, opening up administrative action to citizens.

A permanent virtual channel is built to permit interaction between the public administration and the individual. The individual citizen is progressively transformed from 'administered' person to an interlocutor on equal terms with the public administration (EPLO, n.d.: 12).

An important innovation in the public procurement system was the phenomenon of digitalization, introduced into this area by creating a national information platform (space).

Thus, the combination of modern methods and technologies of digitalization makes it possible to significantly automate the process of public procurement and their management, to reduce the corruption and bureaucratic components of the contract system, to optimize the time of operations performed while observing the current trends in digitalization of all areas of activity.

One of the methods to implement the principle of transparency is the online-access to the information (first of all, official one) about conditions of government procurement, and even just to the regulatory legal framework on this issue (Alians Media, n.d.). In the vast majority of countries, there is a clear tendency to the growth in the number of government procurement, precisely using the information provision and automation. As already noted, 'ProZorro' System is unique not only for Ukraine, but also for the world. The

System allows the online monitoring of all purchases (for example, for the years 2019-2020: – 3.93 million tenders (QlikTech International AB, 2020) took place) for the entire period of its existence from time of the invitation for tenders until signing and completion of a contract thereunder. Each day, this quantity increases by an average of 4-5 thousand procedures. The total procurement budget (the value of signed contracts), announced in ‘ProZorro’ System for the entire period of its existence, already amounts to UAH 292.4 billion (Zakupki.Prom.ua, 2020).

Inter alia, Ukraine can ‘get a look’ at the foreign experience of creating and maintaining various electronic databases and catalogues of the narrow focus, within the framework of ‘ProZorro’ System or outside it.

Electronic systems also ensure the avoidance of the direct contact between officials and potential suppliers, which should help to ‘mitigate the risks of corruption’ and promote the standardization of government/public procurement processes.

In order to further simplify and universalize public procurement, it is necessary to seek technical solutions for ensuring the interconnection among relevant national electronic systems, at first instance, the WTO GPA contracting countries. For example, these are the Ukrainian ProZorro System, the European information procurement system ‘Tender Electronics Daily’ (TED, 2020), the American System for Award Management (SAM), the South Korean KONEPS, the Israeli one with the main web-portal for government procurement (in Hebrew) (Israeli Government Procurement Administration, 2020) and several other government sites that contain the information about tenders (ISRAEL NATURAL GAS LINES LTD, 2020; NTA, 2020), etc.

In accordance with the international obligations and national legislation, companies from the States – Parties to the WTO GPA and the EU Member-Countries have the full access to the Ukrainian market of government procurement (although in practice, the use of this right is complicated by various technical difficulties, which make it easier for foreign business to participate in procurement through subsidiaries registered in Ukraine) (EU–Ukraine, 2019: 42). By the way, sometimes, companies in Switzerland registered in different cantons face, for example, the similar problem and its solution in government procurement.

In accordance with Article 1:35 of the Law of Ukraine No.922-VIII, a participant in the government procurement procedure may be an individual, including an individual-

entrepreneur, or a legal entity (resident or non-resident), who submitted a tender offer, or took part in negotiations in case of applying the negotiable procurement procedure. That is, Ukraine does not restrict the access of foreign entities from any countries to the public procurement market, since it provides/applies the principle of non-discrimination; on the other hand, domestic enterprises de jure also get access to some foreign markets, but so far they cannot properly compete on them (Articles 3, 5, 12 of the Law of Ukraine No.922-VIII). Also, by comparison, it should be noted that in the USA, since January 2018, the threshold for the participation of foreign companies in government procurement was raised from USD 150.000 up to USD 250.000 (EU, 2019a).

The most part of countries across the world, especially the advanced ones, cares for the existence and development of various types and forms of economic activities, in particular, small and medium sized enterprises, including the possibility of their involvement in government procurement. The latter is usually done by facilitating the access of small and medium sized enterprises to government procurement.

Unfortunately, the attention is not separately focused on this issue anywhere in Ukraine, as opposed to other States. For example, in Egypt 'In the 2004 Small and Medium Sized Enterprises (SMEs) Development Law, Egyptian SMEs were given the right to supply 10 percent of the goods and services in every government procurement contract' (USA, 2017: 125). India, which is an observer to the WTO GPA, paves this same path: 'The government also provides preferences to Indian micro, small, and medium enterprises and to state owned enterprises. Moreover, India's defense offsets program requires companies to invest 30 percent or more of the acquisition cost of contracts above the threshold value in Indian produced parts, equipment, or services' (USA, 2017: 209). The USA also has a 'US SME preference policy, which reserves about 23% of the value of US government contracts to US SMEs' (EU, 2019a). In the Republic of Korea, one of the key features of KONEPS is the system of the so-called On-line Shopping Mall, which contains the lists of goods and small and medium sized enterprises, as well as Handbook of Excellent Products, which includes the products of significant enterprises that have some difficulties in supplying goods and services for government needs in some areas (for example, medicine and construction, scientific, electronic and electrical equipment, etc.) (Something remotely similar is set out in Article 1:4 of the Law of Ukraine No.922-VIII: 'activities in certain areas of the economic

management'). In order to get into 'Handbook of Excellent Products', the Commission quarterly conducts the examination, based on the results of which the status of a 'state supplier' can be awarded for three years that enables customers to directly enter into government contracts. With the view of understanding the main principles of government procurement and implementing 'Sales of the Government of Canada', the 5-step approach is applicable in this country to help small businesses (Buyandsell.gc.ca. (n.d., b).

Although, in the EU regulatory acts, there is no word about discrimination of foreign participants in government procurement, but: 'The directive on procurement procedures in the utilities sector covers purchases in the water, transportation, energy, and postal sectors. This directive requires open and competitive bidding procedures, but it permits Member States to reject bids with less than 50 percent EU content for tenders that are not covered by an international or reciprocal bilateral agreement. The EU content requirement applies to foreign suppliers of goods and services in water (the production, transport, and distribution of drinking water); energy (gas and heat); urban transport (urban rail, automated systems, trams, buses, etc.); and postal services. Subsidiaries of U.S. companies may bid on all public procurement contracts covered by the EU Directives.' (USA, 2017: 173). In addition, some of the EU countries have national barriers in the area of government procurement, for example: France prefers its national commodity producers, even at worse competitive rates for their products; in Poland, the compliance with the government procurement requirements is too complicated for foreign companies; in Italy, there are complaints about corruption in this area (USA, 2017: 174-175) (by the way, the same thing as in Ukraine (OECD, 2015; OECD, 2017), etc.

Moreover, for example, Malaysia is an observer to the WTO GPA, but is not yet a signatory. Malaysia has traditionally used government procurement contracts to support national public policy objectives, including encouraging greater participation of bumiputera (the majority Malay ethnic group) in the economy, transferring technology to local industries, reducing the outflow of foreign exchange, creating opportunities for local companies in the services sector, and enhancing Malaysia's export capabilities (USA, 2017: 300). In order to strengthen the role of a national commodity producer in government procurement, in 2009, Australia (a signatory of the WTO GPA) has implemented the project 'Enhancing the participation of the Australian Industry', and in 2011, has adopted

the Law 'Buy Australian Home and Abroad'. Furthermore, in 2015, the 'rule of indigenous peoples' was brought into force, according to which 3% of winners in public procurement should be 'companies of indigenous peoples'.

### 3.3. Public-private partnership in a public procurement process

The public-private partnership cannot be overlooked as a form of cooperation between state authorities and business entities that are being established to ensure the implementation of infrastructure projects, or to provide services to the public. These forms of the partnership exist in some industries of the public sector, such as: transport, health care, education, public safety, waste and water supply management (Pappas, 2005: 45; Pyvovar et al., 2019). For example, in Canada, 'Hydro-Quebec, a provincial-level Crown Corporation in Quebec, maintains a local (Quebec) content requirement in its procurements for wind energy projects, and these local content requirements can pose hurdles for U.S. companies in the renewable energy sector in Canada' (USA, 2017: 69). On the other hand, in the USA, 'Buy America type of provisions have become a regular feature of bills funding Federal grants to the states, municipal or transit authorities. Restrictions have also extended to areas outside of transportation, such as environmental infrastructure projects. The Water Resources Reform and Development Act (WRRDA) adopted in 2014, which imposed new and permanent Buy America restrictions on procurements funded by the Environmental Protection Agency's (EPA) Clean Water infrastructure fund' (EU, 2019a). A positive example of the public-private partnership in Ukraine is the project of the street lighting modernization in Kyiv.

### 3.4. Subject composition of public procurement in the legislation of Ukraine and foreign countries

Certainly, the sovereign right of each state is to independently (taking into account the international commitments made, geopolitical and economic aspirations, national foreign and internal policies, social needs, etc.) determine, how to spend public funds, namely: what to buy, from whom to buy and according to which procedure, etc. Quite often, the attempts by countries to define and enshrine priorities, based on the legal framework, in relation to the objective (what to buy) and subjective (from whom to buy)

composition of government/public procurement, are considered as a violation of the freedom of competition, or manifestations of protectionism or lobbying.

In accordance with the legislation of Ukraine (Article 16 par.18 of the Law of Ukraine No.922-VIII), the subject of the government/public procurement procedure may be 'goods, works or services purchased by the customer within the single procurement procedure, in respect of which participants are allowed to submit tender offers, or proposals at negotiations (in the event of applying the negotiable procurement procedure)'.

The EU experience (as the internal market covering 28 states of the world) is interesting in generalization of the conceptual and objective compositions of government/public procurement in the Common Procurement Vocabulary (CPV), which is a nomenclature established by the EU Commission Regulation No. 213/2008 (EU, 2007), for the systematization and classification of goods and services as subjects of government procurement contracts, as well as facilitation of the search for relevant tender offers in the EU single procurement system: Tenders Electronic Daily (TED). The TED consists of a basic vocabulary for defining the subject of a contract, and an additional vocabulary for adding further qualitative information (EU, 2019b). In general, besides, it is still possible to define the product code according to the UN documents (UN, 2019), for the USA and Canada - under NAICS (NAICS Association, 2018), etc.

Ukraine needs to more actively use the international and domestic, organizational and legal (protectionistic) instruments for the protection of national economic interests and interests of national commodity producers and commodity consumers on the government/public procurement market. (Although, it causes, as a rule, a negative reaction from the part of foreign partners/competitors that even see a violation by Ukraine of its obligations under the GPA and Association Agreement (EU-Ukraine, 2019: 42)). For example, in December 2017, the Verkhovna Rada of Ukraine approved the first reading of a draft law 'Buy Ukrainian', which stipulates preferences in government/public procurement for goods manufactured in Ukraine (VRU, 2017). It is exactly in this issue that the experience of the USA and Israel (since all states are parties to the WTO GPA) is developmental for Ukraine.

The US Law 1933 'Buy America Act', and its variations 'Buy American' at the level of the separate States, and the Executive Order, dated April 18, 2017 on 'Buy American and

'Hire American' are considered by other countries or regional economic integrations (like the EU) to be discriminatory, given the fact that they envisage 'to require use of American and local goods, services, suppliers and service providers or at least give them special favourable consideration' (EU, 2019a). In addition to this, the practice of various types of 'state preferences' is actively used, namely: a) the price preference from 5% up to 15% for national companies; b) reciprocal preferences are applied against out-of-state bidders when their jurisdiction of origin applies preferences against out-of-state bidders; c) tie bid preference – when two bidders propose the same price for the same contract, the in-state bidder will be favoured (this is not always codified, for example, Kentucky has an informal tie bid preference; d) specific product preferences are most often agricultural products, including fisheries, steel, and printing products and services which must be procured from within the state unless unavailable (Canada, 2015). The similar practice is applied in the EU countries, and in Israel. In China, it is legally allowed to buy national goods and services only for budgetary funds, except for those that are 20% more expensive than the imported ones.

The States may support separate producers or goods, or industries of production. One of the most stimulated industries in the world is agriculture / the agro-industrial complex. For example, in the USA, the target fixed 'support prices' are set to guarantee the minimal income level for national farms (especially, in the States with the high unemployment rate); after government procurement, agricultural products are already sold by the State at the market prices (no matter how they are) (Pokrovskaya & Uskova, 2008: 33). In the EU countries, the practice of 'state-guaranteed prices', which provide farmers with a certain level of income and affect export subsidies, prices for similar imported goods, etc., is applied (Pokrovskaya & Uskova, 2008: 34). Also, as a rule, government procurement to support the defence capabilities of states is highly protected and priority-oriented; in particular, the USA has a list of product types that cannot be procured from foreign suppliers (Pokrovskaya & Uskova, 2008: 35).

Israel also applies the price preference at the rate of up to 15% in favor of national suppliers (subject to the share of domestic suppliers in a tender of at least 35%) for all international tenders (with the exception of tenders fallen within the scope of the WTO GPA). By the way, the restrictive measures similar to the 'price preferences' policy of the

USA and Israel are applied, for example, by: China, Japan, India, Brazil, Turkey, and Kuwait.

Israel has offset requirements that it implements through international cooperation agreements. Under international cooperation agreements, foreign companies that have been awarded government contracts are required to offset foreign goods or services provided under the contracts by agreeing to localization commitments that require one of the following: investment in local industry; co-development or co-production with local companies; subcontracting to local companies; or purchasing from Israeli industry. Since January 1, 2009, the IC offset percentage for procurements covered by Israel's GPA obligations has been 20 percent of the value of the contract; for procurements excluded from GPA coverage, the offset is 35 percent; and for military procurements the offset is 50 percent. Under the revised GPA, which entered into force in 2014, Israel committed to phase out its offsets on procurement covered by the agreement (USA, 2017: 240).

Argentina is not a signatory to the GPA, but it is an observer to the WTO Committee on Government Procurement. On November 16, 2016 the government passed a private-public partnership law (No. 27, 328), the law contains a 'Buy Argentina' clause which mandates at least 33 percent local content for every public project (USA, 2017: 31).

### 3.5. Specifics of planning public procurement

It should be noted that the Law of Ukraine 'On Public Procurement' does not refer, in general, to the planning for meeting the state needs; the question is only the allocation, use, and control over public funds (we must specify that the budget planning is regulated in Ukraine separately). Taking into account the OECD recommendations (the Third OECD Public Procurement Principle, where governments should guarantee that public funds have been used according to their intended purpose (OECD, 2009: 11)), and on the model of the USA (AAP – Advance Acquisition Program), it is more appropriate to integrate public procurement into the budget process by drawing up both a previous one-year procurement plan and a multi-year one (government-wide and sectoral), and to regulate such actions on the basis of the legal framework. The said actions should include the assessment of needs for budgetary funds for government/public procurement, justification of sources of their origin and drawing up a timetable for their allocation (uniform one according to

current/calendar needs, or emergency one due to unforeseen circumstances and urgent needs, for a calendar year and for a longer period). In other words, it is better to use the so-called 'single planning cycle'.

For example, in Canada, the vast majority of governmental authorities publishes annual procurement plans (such as, the Public Services and Procurement Canada, the Royal Canadian Mounted Police, etc.). On the other hand, the system of the unified budget accounting (dBrain) of the Republic of Korea is interesting, which allows the customer to pay for government contracts directly through the electronic portal, and to a supplier – to make provision for an application, and then to control over the circulation of budgetary funds using the audit/post-audit method, etc.

One of the problems of allocating public funds is the complexity, systematicity and completeness of the information about their necessity, incoming and spending, as well as the appropriate coordination and coherence of actions. In particular, it is quite difficult to predict and ensure the uniformity of budget (general and local) receipts in Ukraine; accordingly, it is difficult to plan their expenditures (government procurement). As a result, unfortunately: at the end of the fiscal year, there is a negative phenomenon, such as an urgent 'application' of budgetary funds; or the State does not generally fulfill its obligations under contracts concluded in a timely manner; if projects are long-term (in particular, design and construction), then one can wait a long while for financing of their next stage, etc.

Article 12 of the Law of Ukraine No.922-VIII provides for four types of the procurement procedures: open bidding (Section IV of Articles 20-33), competitive dialogue (Section V of Articles 34-35), procedure of restricted tendering (Section VI of Articles 36-39), and negotiation procedure (Section VII of Article 40). In Article 10 par 3, it is enshrined that in the event of excess of the cost of the expected order (at the NBU rate as of the date of the public declaration of an invitation), for goods and services in amount of EUR 133.000, and for works – in amount of EUR 5.150.000, the additional declaration of an invitation in English shall be mandatory. The question arises of whether it is: a formal requirement to respect the principle of transparency; or - a separate procurement procedure; or - a threshold for the participation of foreign entities in government procurement? Based on the

explanations of the Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine, it can be concluded that the question is just the type of the public procurement procedure.

Perhaps, it would be expedient to distinguish the type or subtype of an 'open bidding with publication in English', since the Law of Ukraine No.922-VIII has already stipulated the features associated with this: just the additional publication (Article 10 par. 4); the longer term (not 15, but not less than 30 calendar days) for submitting tender offers (Article 10 par.1, Article 21 par. 3); the additional prequalification period (another procedure for the consideration and evaluation of tender offers) (Article 27 par. 1:1, Article 28 par. 1, 5). However, the Law of Ukraine No.922-VIII did not envisage the tender documentation in English or its translation.

For example, the US Federal Acquisition Regulation (FAR) prescribes the following types of government procurement: open bidding; two-stage bidding; negotiation procedure; simplified procurement methods; procurement in the field of national defence and security, to which, in addition to the general regulation, the Defense Federal Acquisition Regulation - Supplement (DFARS) is also applicable. The formation and placement of government orders are carried out by the United States in two directions: for the current provision of the State's functioning, in accordance with the needs of either government/budgetary institutions; capital investments. In Israel, there is an even more detailed procedure of public procurement by types: public/open bidding; limited public bidding; selective bidding; exemption from the bidding procedure. Apart from that, in government tenders arranged for large projects, in respect of which the Israeli customer is interested in attracting foreign companies, there are several options for its conduct, in particular: an open international bidding that involves the cooperation of a foreign manufacturer with a local company, or the use of local subcontractors; a closed international bidding, which takes place after the open or closed procedure of the preliminary qualification; an open or a closed national tender, which envisages the cooperation of primary suppliers of Israeli origin with foreign companies.

Summarizing the procedure for government/public procurement stipulated in the Law of Ukraine No.922-VIII (first of all, the open one (Section IV of Articles 20-32)), the following stages/steps/phases can be noted:

1) organization and conduct of government/public procurement: planning and invitation to procurement, period of clarification and submission of offers; consideration of offers (prequalification); evaluation (auction); definition of a winner; conclusion of a procurement contract; report on the performance of a contract;

2) fulfillment of the terms and conditions of a government/public procurement contract by a supplier/contractor, and acceptance/rejection of its results by the customer;

3) control and supervision over the area of government/public procurement, in general, specific procedures and contracts, as well as their consequences on a short- and long-term horizon.

As in the study, each type of the procurement procedures will not be considered in detail, we note that the negotiation (actually non-competitive) procedure (Section VI of Article 35 of the Law of Ukraine No.922-VIII), namely the conditions for its implementation, does not materially meet the requirements of the Directive 2014/24/EU on government procurement. (For example, regarding: its exclusiveness, absence of competition, requirements for the publication of the tender documentation, possibility of applying the general or special procedures for conducting and their terms, etc.).

Alongside this, the extremely important issue, in particular for Ukraine, in the field of government procurement, is the possibility of the deeper resolution of urgent and emergency (with the significant current/short-term deterioration of the state or consequences) problems of the social and public nature. (For example: purchase of medicines or payment for the treatment as a result of accidents, catastrophes, etc.; urgent actions to overcome consequences of the exhaustive list of force major circumstances, or similar circumstances (in particular, demolition of bridges and roads by flood, consequences of hurricanes and hail stones, explosions/fire at military warehouses, accidents on heating networks in the winter period, etc.); holding of extraordinary elections, in particular those of a president, due to inconsistencies of terms in various regulatory acts, etc.). It would rather to systematically agree upon regulatory legal acts (first of all, about the timing for carrying out these or those actions) between themselves, than to contextually solve problems arisen (not always transparently and predictably, even with the 'justified' violations).

The certain interest can be caused by the rules for allocating funds of the World Bank, as set out in the Guide for Procurement under the IBRD Loans and IDA Credits (IBRD, 1995), which envisages the following types of procurement: International Competitive Bidding; National Competitive Bidding; Limited International Bidding; quotation request (Shopping); purchases from a single source (Direct Contracting).

For Ukraine, as well as for many countries of the world, the issue of avoiding the international and domestic (imperative and dispositive) regulations in the process of government/public procurement is relevant at the national level, which leads to the direct or indirect discrimination and non-compliance with the principle of free competition.

### 3.6. Specifics of main public procurement procedures

Let us consider some aspects and peculiarities of separate stages (and their components) of the government/public procurement procedure in more detail. First of all, let us pay attention to the requirements for the tender documentation (since, the more clearly, understandably and exhaustively the customer realizes and formulates its terms, the more really it is to provide/obtain what is needed).

The question about the list of the tender documentation being submitted by candidates for the participation in government procurement in Ukraine is regulated by Article 22 of the Law of Ukraine No.922-VIII and the Order of the Ministry of Economic Development and Trade 'On Approval of the Sample Tender Documentation' No.680. But, the said regulatory acts enable the customers to expand the content of the tender documentation for their own needs, which may be the formal reason for rejecting an offer.

As concerns the selection of candidates or tender offers, on the one hand, international documents enshrine common approaches, and national regulatory legal acts contain the exhaustive list of cases, when subjective characteristics of a participant/qualification criteria (Article 16 of the Law of Ukraine No.922-VIII), or of a tender offer may lead to exclusion from the procurement procedure (Article 17). The grounds for the exclusion are interpreted narrowly, and their applying is subject to discretionary powers of the customers. On the other hand, the relevance of participants in government/public procurement, or submission of a tender offer can be assessed on the

basis of their economic, financial and technical possibilities, which are a rather blurred wording with a wide range of interpretations (Pappas, 2005: 37-38).

In the conclusion of a procurement contract on the basis of the criterion of the most economically advantageous tender offer (Article 28), it is necessary to clearly specify the criteria (for example: price, delivery terms/performance, current funds, profitability, quality, aesthetic and functional indicators, technical value, post-sales maintenance and technical support) for establishing the economic utility of tender offers in refusal documents, or in a contract, or in an accompanying sheet, and preferably, in order of decreasing or increasing the importance, which will force the customer to list the criteria he uses while evaluating tender offers, and will not enable to use other unidentified criteria (Pappas, 2005: 39). For example, in Indonesia 'calculations for the value of local content can include design, engineering, IPR, raw materials, facilities/infrastructure costs, education and training, labor costs, and after-sales service' (USA, 2017: 228). The similar practice is also taking place in the United Kingdom, when all participants in government procurement are informed, within the regulatory-determined time period, about its results (with relevant explanations), as well as undergo an 'interview' as for its passing/conducting.

In accordance with the Polish law, a tender offer is submitted in Polish; the exhaustive list of documents (and their form), which may be required from suppliers (Urząd Zamówień Publicznych, n.d.), must have a translation into Polish, if submitted in a different language. The similar rule that applies only to the customer is enshrined in Article 15 of the Law of Ukraine No.922-VIII: according to his decision, 'simultaneously all documents may have an authentic translation into another language', but 'the definitive text is the text set forth in the Ukrainian language'.

According to the OECD, the formation of a contract, starting from the determination of requirements for its concluding until its conclusion, is still the most regulated and transparent phase of the procurement cycle (OECD, 2009: 110).

Section VII of the Law of Ukraine 'On Public Procurement' is devoted to the procurement contract. In domestic practice, the invitation to the procedure and list of the tender documentation include a draft procurement contract with the mandatory indication of the order for changing its conditions (Article 22:7). The said contract must correspond to the established standard forms, and in spite of everything, it remains unchanged, which,

in fact, is a violation of the principle of ‘a free contract’, as a participant-winner cannot actually change anything therein, either with negotiations, or without them. In this regard, for example, the experiences of Australia (one of the most advanced systems of typical/template government contracts (Australian Government, n.d.)), the United Kingdom (the contractual system of which contains over 450 standard contracts) and Turkey, are interesting. Turkey is not a signatory to the WTO Agreement on Government Procurement but has participated as an observer in the WTO Committee on Government Procurement since 1996. Turkish procurement law mandates the use of model contracts (i.e., standard forms), which many government procuring agencies refuse to modify (USA, 2017: 439).

It should separately be noted that the form of a public procurement contract under the Ukrainian law must be only written one, that is, the use of electronic signatures is not envisaged at all. In this issue, Ukraine has lagged far behind some of the world’s countries, for example, the Republic of Korea has already moved from using the electronic digital signature to the system of Finger Recognition in E-Bidding System on the basis of the ‘biometric safety marker’, in order to improve the preservation of confidential information, its authenticity, as well as the ability of one individual to represent only one business entity.

In Ukraine, complaints about procurement contracts concluded are considered only in the court (Article 18:2 of the Law of Ukraine No.922-VIII). Summarizing the possibility for the judicial defense of interests of participants in the process of government/public procurement in Ukraine, the judicial reform as a whole continues to be relevant at the moment.

## Conclusions

The process of public administration of public procurements in Ukraine is built on a contradiction: on the one hand, (de jure) the profile law determines a centralized type of implementation and regulation of public procurements, on the other hand, in practice (de facto) the public procurements process is organized according to a combined type.

For Ukraine, the creation of a special body to regulate and coordinate public procurement should be considered the optimal positive example of foreign countries (a close analog is the Central Public Procurement Agency in the Republic of Korea).

For a more successful operation of the Ukrainian informational system `PROZORRO` it is proposed to use foreign experience and introduce electronic databases and catalogs of a narrow direction (for example, thematic, subject) within the current system `PROZORRO`.

The unification of electronic public procurements systems remains to be a topical and unresolved task for the WTO GPA member countries. The experience of some countries in stimulating small and medium businesses in electronic public procurements is considered to be progressive and positive. We consider it necessary to adopt the experience of the countries of the USA, Israel, China and speed up the adoption of laws in Ukraine to support national commodity producers (for example, the Law of Ukraine `Buy Ukrainian, pay Ukrainians`).

To eliminate legislative deficiencies in regulating the procedure for tender proposals in Ukraine, it is proposed:

Firthly, to expand the notion of `formal errors` (Article 22:3 of the Law of Ukraine `On Public Procurement`), for example, as for the absence (failure to specify by a candidate) of the information in a document (especially, in no particular form), if it is contained in the other tender documentation (for example, the phone number or e-mail address);

Secondly, to exclude documents, the informative value of which is doubtful, from the list of the tender documentation. For example: the purely formal approach to Article 22 of the Law of Ukraine `On Public Procurement` in the matter of `applying measures concerning the environmental protection`, which is confirmed by the candidate's certificate in no particular form and is a formal transfer of responsibility from the customer in this issue;

Thirdly, to create a separate appendix with the exhaustive list of all necessary documents (in the understanding and at the discretion of the customer) regarding a specific tender offer, which will greatly simplify submitting an offer and verifying it by the Tender Committee. For example, Article 16 of the Law of Ukraine `On Public Procurement` contains the list of the qualification criteria to be set by the customer. In particular:

‘Availability of equipment and material and technical facilities’ requires the customer not to ensure the formal specification ((something like the availability of the office equipment and furniture), especially that it is very difficult to determine its exclusive list), but to clearly understand, what sort of that base should be and by which documents it must be confirmed so that this fact does not create formal grounds for rejecting an offer;

‘Availability of appropriately qualified employees with the necessary knowledge and experience’, which is most often supported by copies of diplomas (or other documents), employment books or free-form certificates, but the education/qualification does not guarantee the ability to perform a certain type of the work, and the experience (positive or negative) of a separate employee does not mean that exactly he will be involved in the fulfillment of a government order. (By the way: in Japan, one of the main requirements for the participation in government procurement is the business reputation of a participant; and in Germany, it is exactly the availability of experience and skilled employees);

‘The availability of the documented experience in the implementation of a similar contract’: we note that the ‘similarity’ refers to the subject-matter of a contract precisely, and the real confirmation of the high-quality performance can be the reference of another consumer of the product/service, for whom such a contract was performed, which may be supported by a statement in no particular form on the performance, and/or a letter-reference on the high-quality performance (in both cases, contact details must be indicated for the actual verification of their content). Separately, it should be noted for foreign participants that in fact, it is not allowed to require the mandatory presence of previously awarded/concluded contracts in the same country, but it is possible to require the presence of the previous experience, including abroad.

In order to avoid misleading participants in procurement, it would also be appropriate to clarify based on the legal framework (in Article 18:2:6 of the Law of Ukraine ‘On Public Procurement’) that the term for filing complaints against any conditions of the tender documentation should be calculated from the final date for the submission of tender offers, regardless of the fact, whether changes were made to it.

## References

Atamanchuk, H. (2006). *Theory of Public Administration*. Moscow: Omeha-L.



Ivanov, V. & Patrushev, V. (2001). *Innovative social technologies of state and municipal administration*. Moscow: Ekonomika.

Japan External Trade Organization (JETRO). (n.d.). Official website <http://www.jetro.go.jp/en/database/procurement/>

Nabiullin, V.Sh. & Kuznetsova, I.V. (2012). International Experience of the Procurement Information Provision. *Academic Supplement to the Journal "Government Order": Management, Placement, Provision*, 7: 16-17.

NAICS Association. (2018). Official website of NAICS. <http://naics.com/search/>

NDP 'Alians Media'. (n.d.). Tender sites of the countries of the world. Information and reference catalog. [http://vneshmarket.ru/content/document\\_r\\_CE548245-AICA-43E9-A011-F076E6CB1C85.html](http://vneshmarket.ru/content/document_r_CE548245-AICA-43E9-A011-F076E6CB1C85.html)

New Zealand. (n.d.). Ministry of Business, Innovation and Employment. Official website. <http://www.med.govt.nz>

NTA (2020). Official website of NTA Metropolitan Mass Transit System Ltd. (2020). <http://www.nta.co.il/en/tenders>

OECD. (2009). *OECD Principles for Integrity in Public Procurement*.

OECD. (2015). *Anti-Corruption Reforms in Ukraine. Round 3 Monitoring of the Istanbul Anti-Corruption Action Plan* of Mar. 24.

OECD. (2017). *Anti-Corruption Reforms in Ukraine. Fourth Round of Monitoring of the Istanbul Anti-Corruption Action Plan* of Sept. 13.

Pappas, S. (2005). *The EU Policy in Government Procurement*. Kyiv: Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2005.

Pokrovskaya, V.V. & Uskova, Y.A. (2008). Modern Foreign Experience in the Field of the Government Procurement Development. *Russian Foreign Economic Bulletin*, 3(March): 33.

Pyvovar Yuriy, Detiuk Andriy, Mykolenko Oleksandr, Zapototska Olena, Lapka Oksana. (2019). Legal Support of the System of State Control in the Process of Educational Governmental Order. *Amazonia Investiga*, 8(20): 166-179.

QlikTech International AB. (2020). KPIs. <https://bi.prozorro.org/sense/app/fba3f2f2-cf55-40a0-a79f-b74f5ce947c2/sheet/HbXjQep/state/analysis#view/pEh>

Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine. *Matters of the Ministry of Economic Development and Trade* dd. 20.08.2014 No.459.

Tender Electronics Daily. (2020). Supplement to the Official Journal' of the EU, dedicated to European public procurement. Official website of government procurement of the European Union. <http://ted.europa.eu/TED/>

UN. (2019). *Central Product Classification (CPC)*.  
<https://unstats.un.org/unsd/classifications/Family/Detail/1073>

UNCITRAL. (1995). *The UNCITRAL Model Law on Procurement of Goods, Construction and Services with the Guide to its Enactment*. New York: UN.  
[https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/pdf/ml-procure-r.pdf](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/ml-procure-r.pdf)

Urząd Zamówień Publicznych. (n.d.). Official website. <https://www.uzp.gov.pl/e-zamowienia2/informacje>

USA. (2017). Office of the United States Trade Representative. *National Trade Estimate Report on Foreign Trade Barriers*.

Verhovna Rada of Ukraine (VRU). (2017). Draft Law of Ukraine. *Buy Ukrainian, pay to Ukrainians (on making amendments to some legislative acts of Ukraine with regard to promoting the development of the industrial production and small and medium business)*, No.7206.

Zakupki.Prom.ua. (2020). *Win government and commercial tenders using the mobile app*.  
[https://zakupki.prom.ua/lp/registration?type=0&title=%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D1%96+%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%BF%D1%96%D0%B2%D0%BB%D1%96&source\\_id=dz.goog.search.zakupivli.government.ad03.main&gclid=Cj0KCQjw\\_r3nBRDxARIsAJljleFv8bBv5h\\_g7u7Dy094EoJqZUSsAf-Yl2znB4ZYVHSCDz9JsneBJBUaAoRIEALw\\_wcB#screen\\_two](https://zakupki.prom.ua/lp/registration?type=0&title=%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D1%96+%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%BF%D1%96%D0%B2%D0%BB%D1%96&source_id=dz.goog.search.zakupivli.government.ad03.main&gclid=Cj0KCQjw_r3nBRDxARIsAJljleFv8bBv5h_g7u7Dy094EoJqZUSsAf-Yl2znB4ZYVHSCDz9JsneBJBUaAoRIEALw_wcB#screen_two)

## The organization technology of Ukrainian logistic operators' work on an e-commerce basis

Hanna O. Prymachenko\*

Anton O. Kovalov\*\*

Hanna I. Shelekhan\*\*\*

Julia V. Shuldiner\*\*\*\*

Yelyzaveta I. Hryhorova\*\*\*\*\*

### ABSTRACT

The purpose of the article is to develop a comparative description of order fulfillment models by logistics operators, analysis of the estimated average transit time in the Asia - Europe direction. The main approach for studying this problem is a systematic approach that allows to identify technology elements of Ukrainian logistics operators based on electronic commerce and the use of rail transport in the Ukraine - Asia direction, and consider each element as a subsystem and identify bottlenecks. The article presents the technology to organize the work of Ukrainian logistics operators in the needs of the current market, which includes components of automation, artificial intelligence, warehousing and shipping directly to customers by 3PL operators. The materials in the article are of practical value for the professional and productive training of logistics operators, employees of transport companies, for research and teaching staff, in order to improve their professional skills.

KEY WORDS: container transportation, logistics operator, railway transport, system approach.

\*PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Transport Systems and Logistics of Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: prymachenko5514-2-16@uoel.uk, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7326-8997>

\*\* PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Freight and Commercial Management of Ukrainian State University of Railway Transport, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8546-3183>

\*\*\* PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Railway Stations and Units of Ukrainian State University of Railway Transport, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6640-6084>

\*\*\*\* PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Transport Systems and Logistics of Ukrainian State University of Railway Transport, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6418-998X>

\*\*\*\*\* Postgraduate Student at the Department of Transport Systems and Logistics of Ukrainian State University of Railway Transport, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4351-3263>

Recibido: 25/06/2020

Aceptado: 01/09/2020

## La tecnología de organización del trabajo de los operadores logísticos ucranianos sobre la base del comercio electrónico

### RESUMEN

El propósito del artículo es desarrollar una descripción comparativa de modelos de cumplimiento de pedidos por operadores logísticos, análisis del tiempo de tránsito promedio estimado en la dirección Asia – Europa. El enfoque principal para el estudio de este problema es un enfoque sistemático que permite identificar elementos de tecnología de los operadores logísticos ucranianos basados en el comercio electrónico y el uso del transporte ferroviario en la dirección Ucrania – Asia, y considerar cada elemento como un subsistema e identificar cuellos de botella. El artículo presenta la tecnología para organizar el trabajo de los operadores logísticos ucranianos en las necesidades del mercado actual, que incluye componentes de automatización, inteligencia artificial, almacenamiento y envío directamente a los clientes por parte de operadores 3PL. Los materiales del artículo son de valor práctico para la formación profesional y productiva de operadores logísticos, empleados de empresas de transporte, para personal investigador y docente, con el fin de mejorar sus competencias profesionales.

**PALABRAS CLAVE:** transporte de contenedores, operador logístico, transporte ferroviario, enfoque de sistemas.

### Introduction

Today's all logistics providers are too aware of the fact that e-commerce business is booming: online sales are estimated to take up 24% of total sales by 2027. Companies have been forced to redesign their warehouses and distribution centers in order to meet consumers' demands for fulfilled orders as quickly as possible (Wang, 2010). These days, if a supplier can't keep up with the quick shipping needs of consumers, it's all too easy for those consumers to simply switch to a competitor who can meet their needs (Technologies disrupting logistics..., 2019). Consequently, automation software has become a requirement for any business trying to keep up. Many automation systems typically focus on logistics integration, operational control and/or business control. Automation provides logistics companies with the control of automated machinery, for example, allowing them to sort packages without human employees (Heidegger, 2019). But in order to upgrade to channel production at optimum speed, businesses must optimize their existing operations while implementing new technologies that go far beyond simple automation solutions (Tsareva

and Omelyanenko, 2020). The most forward-looking companies are improving the logistics order fulfillment by using combinations of innovative robots, artificial intelligence solutions and more to create a highly optimized supply chain that can meet the changing needs of today's consumers (Blanckenberg, 2019; Kulykov, 2020).

Talking about artificial intelligence means using robotics. They are used to track, locate and move inventory within the warehouses. Apart from robots, artificial intelligence is also about big data. When the insights of big data are used along with artificial intelligence, it helps to improve different areas of supply chain like supply chain transparency and route optimization. Robots are quickly becoming one of the most adopted tools in warehouses, thanks to their efficiency and easy implementation for tedious warehouse processes such as unloading, shipment retrieval or pallet stacking (Pndey, 2019).

Beyond robots, logistics providers are also seeing a rise in using unmanned vehicles operated with artificial intelligence and machine vision technologies. A Material Handling Institute survey showed that members expect the adoption of driverless vehicles in warehouses to rise from 34% to 73% over the next five years, with more than half of the respondents saying that driverless vehicles have the potential to create competitive advantages. Also, a high level of data protection is important for modern logistics companies. In this business the volume of information transfer is very large, and a better tool than block chain technology for the protection of large amounts of data has not been invented yet (Chornopyska & Bolibrukh, 2020; Hryhorak et al., 2020). Block chain technology is a special structure for recording a group of transactions (actions), the main advantage of it – the implementation of any operations only when this action is considered confirmed. For example, the transaction will be considered true (confirmed) only after checking its format and signatures (Dobrovnyk et al., 2018). A new era demands new technologies and in today's era of globalization, it's essential for retailers 3PLs and logistics service providers to use these technologies within their operations. In order to stay competitive and thrive in this increasingly mobile, e-commerce driven world.

## 1. Methodology

The simple rule in traditional supply chains was to store maximum possible quantity of every product, everywhere, every time. Supply chains have evolved and are much different

from what they used to be say 2-3 decades back. Modern supply chains equipped with better information and intelligence are able to predict product demand well in advance, plan accordingly and deliver the items close to when they are needed. The new supply chain rule is to have “the required quantity, of the right product, in the right place, at the right time” (Krasnoff, 2020). The traditional warehouses are not completely fit to cater to this new supply chain rule and this led to the evolution of static warehouses into distribution centers (Dyczkowska & Reshetnikova, 2020).

The systematic approach was used to identify elements of technology of Ukrainian logistics operators based on e-commerce and the use of rail transport in the direction of Ukraine – Asia. To achieve the aim of the study, two order fulfillment models were investigated (Figure 1).

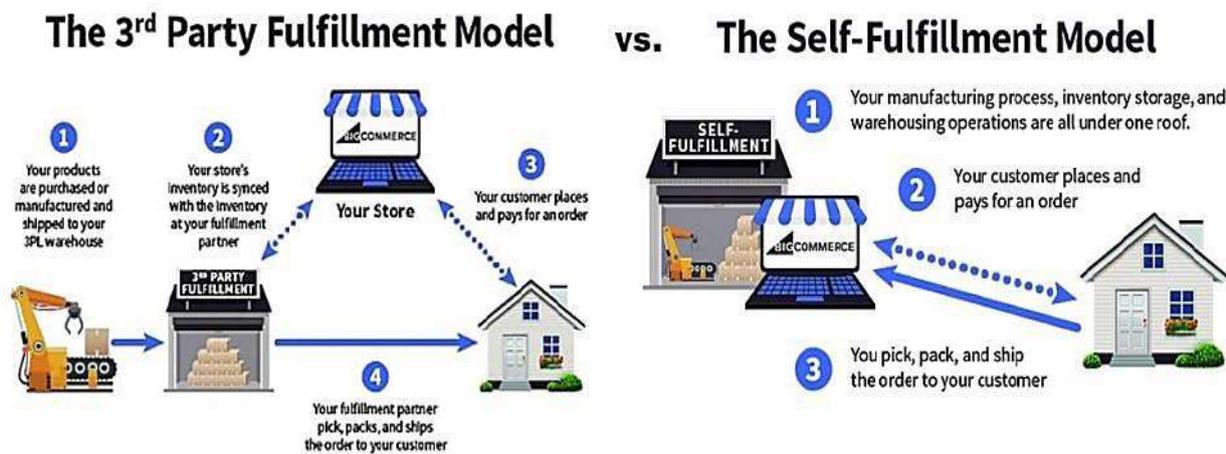


Figure 1. The visual of the two order fulfillment models (Gilbert, 2020)

Figure 1 show two most common order fulfillment models – one that uses third-party service providers and the other where you basically handle all the major tasks. There could simply be too many chores that you may not have time to efficiently manage (Sahaidak et al., 2017). The fact is marketing and selling are only half of the equation in business, the other half is getting your products to customers fast. Fulfillment centers enable ecommerce merchants to outsource warehousing and shipping (Gilbert, 2020). This relieves business of the necessary physical space to store all products, which is beneficial for merchants without the capacity to directly manage inventory. Sellers send merchandise to the fulfillment center, and the outsourced provider ships it to customers for them. Fulfillment centers make

inventory management much easier and allow store owners more time to focus on other areas of their business (Zorini, 2020).

To represent how fulfillment works the authors compared the best logistic companies in China (Table 1) and Ukraine (Table 2).

Table 1. Comparison dashboard of the top Mainland China and Hong Kong-based fulfillment centers

Fulfillment center	Geography	Offered services	Cooperation
ZhenHub	Has fulfillment centers in 11 different countries and regions, including Mainland China, Hong Kong, USA, UK, Germany, Italy, France, Australia, Taiwan, the Philippines and Korea.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Storage.</li> <li>– Pick and pack.</li> <li>– Shipping.</li> <li>– Co-packing.</li> <li>– Returns.</li> </ul>	Work with shipping companies that include DHL, China Post, FedEx and SF Express. Also offer full e-commerce integrations for all major e-commerce platforms like Shopify, Woo commerce and Amazon.
DHL Hong Kong	Fulfillment center in Hong Kong, warehouse in Hong Kong, also several other offices and warehouses in Mainland China.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inbound freight.</li> <li>– Service Level Agreements.</li> <li>– Receiving, handling and shelving.</li> <li>– Inventory tracking.</li> <li>– Pick and Pack service.</li> <li>– Returns handling.</li> <li>– Last-mile delivery services.</li> <li>– Inventory.</li> </ul>	
Shipwire	Global fulfillment company and a brand of Ingram Micro, that owns more than 154 fulfillment centers in 45 countries around the globe.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Same-day order processing.</li> <li>– Storage.</li> <li>– Return shipping optimization.</li> <li>– Order optimization (offers the most competitive rates based on multiple factors).</li> </ul>	They work with multiple well-known shipping companies that include DHL, Hong Kong Post, FedEx and SF Express.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custom packaging.</li> <li>– Kitting &amp; virtual kitting.</li> </ul>	
EXchain	Fulfillment center based in Hong Kong, warehousing network in Hong Kong, Europe (Germany), the United States and China.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Storage.</li> <li>– Shipping.</li> <li>– Pick &amp; Pack.</li> <li>– Package scanning.</li> <li>– API service available – orders can be handled automatically.</li> <li>– Same day delivery.</li> </ul>	Their online system automatically imports orders using an API service from all major e-commerce platforms like Wish, Alibaba, Amazon and eBay.
Send from China	Fulfillment centers and warehouses located in Shenzhen, Shanghai and Dongguan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stocking.</li> <li>– Storage.</li> <li>– QC and product labeling.</li> <li>– Package scanning.</li> <li>– Shipping.</li> </ul>	They also offer easy online store integration with Web Service APIs that allows sellers to track orders, manage inventory, and keep an eye on product information and order processing.
Easyship	Has offices and warehouses in Singapore, Netherlands, Australia and the United States.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Storage.</li> <li>– Pick &amp; Pack.</li> <li>– Shipping.</li> </ul>	Full e-commerce integration for all major e-commerce platforms like Alibaba, Amazon and Shopify also connects sellers with shipping companies like DHL, FedEx and others.

Source: F. Gronkvist (2019).

## 2. Results and Discussion

On June 8, 2020, the first direct container train arrived from China to the Liski department of Ukrzaliznytsia in Kyiv. The peculiarity of this train is that goods were delivered from the northern regions of China, which is difficult to organize by the sea due to the distance from China's seaports (Boldyreiva & Gryshko, 2020). It is planned to organize the running of these trains on an ongoing basis. The train covered the distance of 9000 km in 15 days. The train included 31 platforms with 41 forty-foot containers. They brought to Ukraine drilling equipment, bicycle parts, furniture, household goods, personal protective

equipment, etc. The Ukrzaliznytsia informed that the train also transported gas trimmers and medical equipment. Also, in plans to ensure the entry of container trains to the branches of UZ Liski in Kharkiv and Dnipro (Kostiuchenko, 2020). A container train provides faster speed than shipping by sea. This is both cost savings and the ability to build new production chains based on the quick delivery of components to enterprises. Carriage in such a train is approximately two times more expensive than by sea. But by sea it takes 45 days. And the train is interesting for those who are interested in speed of delivery (Figure 2).

The market of container transportation in Ukraine shows a positive dynamic of growth by an average of 13-15% annually (Figure 3). According to this, the growth of container traffic is on the railway. Thus, for the first 4 months of 2020, 90 thousand TEU (TEU or twenty-foot equivalent) was transported by rail as part of container trains, which is more than in 2 times more than the volume of traffic for the same period in 2019 (Kulak, 2020).



Figure 2. Average estimated transit times Asia – Europe (Rail freight from China..., 2019).

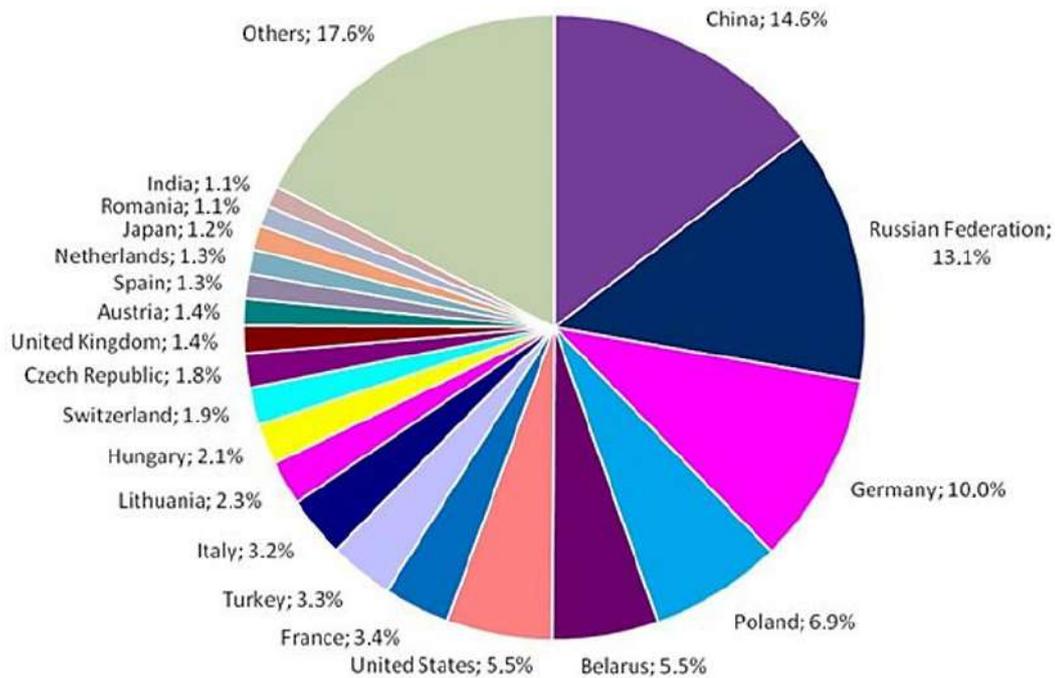


Figure 3. Main trade partners of Ukraine in % from total volume (Import from other countries to Ukraine) in January-March 2019 (Ukraine's foreign trade..., 2019)

Container rail transportation is a really reliable, cheap and convenient way of transportation, which will be able to compete to the sea and air mode of transport in the combination of China-Ukraine, because if you compare rail transportation with air, it is cheaper, and if you compare with the sea mode of transport then by rail faster. Ukrzaliznytsia and Ukrposhta intend to discuss cooperation in the delivery of goods and correspondence from China by rail after the first direct container train arrived from China. The management of Ukrposhta announced their interest in the container transportation service by this train. There are some reasons why do they need to cooperate. The number of orders of Ukrainians on AliExpress for 10 months of 2019 increased by 70% – this brought Ukraine to the 2-nd place in terms of growth rates on the mappelplex. This was reported by the press service of Ukropshta. In the total cost of goods sold on AliExpress in 2019, Ukraine entered the top 10 countries in the world. Ukrposhta for the three quarters of 2019 has already delivered more than 20 million items from China, and most of them are goods from online stores (Figure 4). They are ordered by Ukrainians aged 24-35 years, more than half of them shop on AliExpress via a smartphone (Ukrainians ranked second..., 2019).

The highest demand for products with AliExpress is among residents of the Kyiv, Dnipro and Kharkov regions. The company delivered 56% of the parcels ordered by the Ukrainians from China to these regions. Also, Ukrposhta interested in having a representative of Aliexpress office in Ukraine (Ukrainians ranked second..., 2019). The Nova Poshta Global company has opened another way of delivering parcels from the Chinese trading platform AliExpress to Ukraine by train also. According to the company, it is in 2 times faster than similar shipments on the market. Nova Poshta delivered the first test batch of parcels by train, convinced of the reliability of this method, and now plans to use it on a regular basis. “The key advantage of the railway is a clear route: trains move on schedule, which allows customers to meet delivery deadlines. In addition, railway containers allow to combine e-commerce shipments with the cargo of business customers, which allows to meet the needs of various segments” – said Olga Volodina, Deputy Director of Nova Poshta Global (Karpus, 2020).

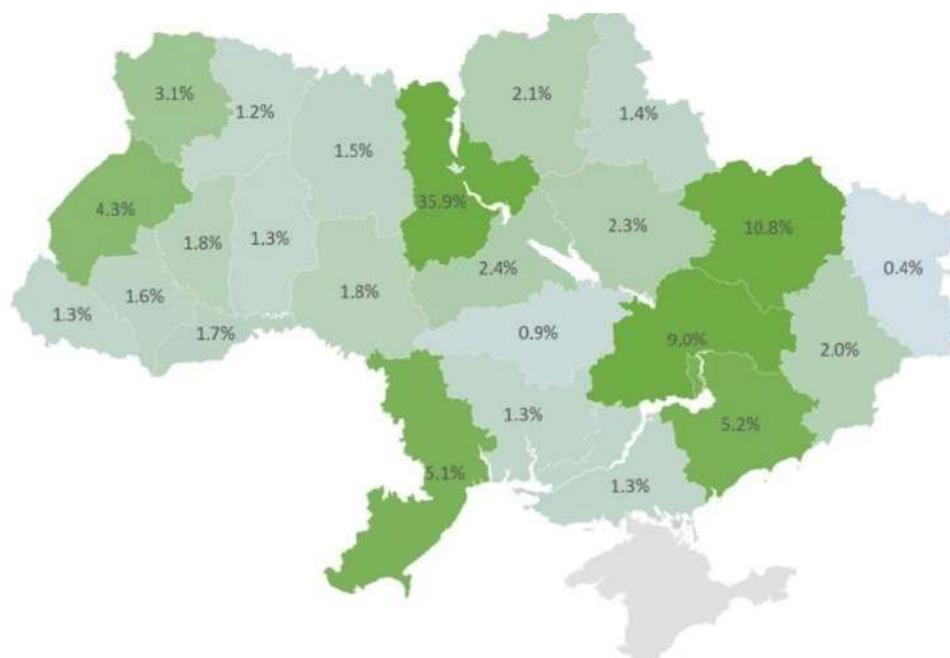


Figure 4. Distribution of departures of Ukrposhta from China in September 2019 (Ukrainians ranked second..., 2019).

Ukraine took the second-place ordering from Aliexpress after Russia. Russia has advantage because there located warehouse of Aliexpress. There is the main and only, as of

2019, its own AliExpress sorting and processing center. Chinese sellers rent 21000 square meters of heated and ventilated storage facilities. In order to accelerate delivery in the Russian Federation, Chinese sellers have already delivered to the warehouse the most popular goods in some quantities. For this, sellers paid – those stores where you buy them on Aliexpress (Kononenko, 2020). Business in Ukraine can also ensure the simultaneous delivery, storage and dispatch of their goods. Most Ukrainian sellers bring their goods to Ukraine from China. That is why 3PL operators can help businesses. In Ukraine, the fulfillment market is under development. It's very young industry. The direction of fulfillment is handled by Nova Poshta Logistic, the only company on the Ukrainian market working according to the formula “fulfillment + delivery”. The customers of this service today are Rosetka, Allo, WOG, Nestle, Philip Morris, Garna mama and other companies. The fulfillment services in Ukraine are also provided by Denka Logistics, Zammler, Raben, UVK and other companies. All represented companies can integrate cargo delivery, storage and dispatch directly to customers (Yarovaya, 2017). Let's compare the capabilities of the top companies based in Ukraine.

Some customers import cargo to Ukraine using other self-dependent delivery companies from abroad, for example, Nova Poshta picks up for storage directly from customs. The Table 2 shows that fulfillment powers are located in the capital and the region mostly. In the coming years, NP Logistics plans to develop a branch network in cities with a population of millions, a branch has already been opened in Kharkiv (Yarovaya, 2017). Why it has to be used and important for business: building logistics on your own is very expensive, often Ukrainian online stores outsource a part of the logistics process, but today in Ukraine you can outsource the entire logistics process from storage to packaging to the final customer. It's difficult and expensive to build logistics on your own. Firstly, investments in the warehouse: arrangement of workplaces, warehouse equipment, loading equipment, rent. Renting a good warehouse costs hundreds of thousands of hryvnias per year. Secondly, implementation of Information Technologies. It is impossible to conduct logistics on a large scale without a good automation of the warehouse system. Installing of good software can costs hundreds of thousands of dollars. The total costs of premises, technology, equipment and people are measured in millions. This business is very high tech. The fulfillment market

in Ukraine is still so young that it is worth investing in infrastructure development, debugging technical processes, structuring the market, and then robotizing.

Table 2. List of top Ukrainian companies which provide 3PL logistics

Company	Stocking space, square meters	Services
Nova Poshta Logistic	30000 in Kyiv region	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Acceptance of goods at the warehouse (rejection, stickering).</li> <li>– Storage of goods.</li> <li>– Picking orders.</li> <li>– Registration of accompanying documentation (check, warranty card, EH).</li> <li>– Order packaging.</li> <li>– Returns Processing.</li> </ul>
Denka Logistics	20000 in Kyiv region	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Storage and shipment.</li> <li>– Accepting orders online.</li> <li>– Cross-docking, selection of goods from stock.</li> <li>– Accounting for serial numbers.</li> <li>– Packing and delivery.</li> <li>– Sticking of goods.</li> <li>– Taking goods from the supplier.</li> </ul>
Zammler	25000 in Kyiv region 12500 in Kyiv region 5000 in Odessa region	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Acceptance of goods from the supplier.</li> <li>– Storage.</li> <li>– Order processing (call center).</li> <li>– Complete set, packing of the order.</li> <li>– Automatic calculation of the cost of delivery of the order.</li> <li>– Delivery to the door.</li> <li>– Return processing.</li> <li>– Payment service (receiving payment from the recipient).</li> <li>– Photo studio services.</li> </ul>

According to the new possibility of delivering containers by rail from China, it is important to consider the possibility of cooperation between Ukrainian logistics companies, companies providing 3PL logistics and Ukrzaliznytsia. This can solve delivery and stocking problems for Ukrainian business and Chinese business in Ukraine. Major solutions include:

- optimal delivery time and cost;
- clear route – trains run on schedule without deviations and delays that can guarantee customers timeliness of delivery;

- railway containers allow to combine administration of e-commerce with loads of business customers that can satisfy the needs of various segments;
- it will provide an opportunity to consider the storage of various popular goods from china for buyers of AliExpress, Alibaba and other giants of Chinese production and distribution, which will accelerate and increase the demand for using this type of service, as well as attract economic investment in the development of this infrastructure;
- it will increase the frequency of trains from China to Ukraine – every week and with a subsequent increase in frequency.

## Conclusions

The conclusion is that all parties have the benefit of participation in the delivery of goods in such a way. For logistic companies: expanding the services for online businesses, increasing the speed of delivery processing, the ability to lease warehouses for goods of popular foreign online stores. For local business and e-commerce: automation of logistics and inventory processes, reducing storage costs. It reduces the percentage of errors in the selection of orders, allows you to track warehouse performance indicators and offer the best method of delivery and payment for customers. And most importantly, by transferring logistics processes to the hands of professional providers, online business can focus on its main functions – promoting and increasing turnover. For Ukrainian railway company: new contracts with leading suppliers of logistics and container rental, demand for increasing the frequency of import of goods by rail and expanding the geography of delivery.

Yesterday, choosing a fulfillment operator, price and quality were decisive, but today only the additional range of services that operators can provide becoming increasingly important. Another current trend for e-commerce may be the use of sharing logistic as one of the sharing economies segments that covers the issues of sharing storage, transport and personnel services (loading, unloading, accounting, and many other operations). Logistics and fulfillment are promising areas because the online market is started to grow.

## References

Blanckenberg, N. (2019). Extensive list of fulfillment companies and services for ecommerce. Retrieved from <https://blog.storeya.com/2018/11/list-of-fulfillment-companies/>

- Boldyreiva, L., & Gryshko, V. (2020). European experience of smart-technology implementation in logistic process management. *Economics and State*, 4, 39-43. doi:10.32702/2306-6806.2020.4.39
- Chornopyska, N., & Bolibrukh, L. (2020). The influence of the COVID-19 crisis on the formation of logistics quality. *Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management*, 2, 88-98. doi:10.46783/smart-scm/2020-2-7
- Dobrovnyk, M., Herold, D., Fiurst, E., & Kummer, S. (2018). Blockchain for ta in logistics: what to do and where to start? *Logistics*, 4, 21-29.
- Dyczkowska, J., & Reshetnikova, O. (2020). New technological solutions in logistics on the example of logistics operators in Poland and Ukraine. *SMART Supply Network*, 1, 47-69. doi:10.1007/978-3-319-91668-2\_3.
- Gilbert, N. (2020). 20 best order fulfillment services & companies of 2020. Retrieved from <https://financesonline.com/top-20-order-fulfillment-services/>
- Gronkvist, F. (2019). Top 8 fulfillment centers in China and Hong Kong. Retrieved from <https://www.chinainportal.com/blog/fulfillment-centers-china-hong-kong/>
- Heidegger, J. (2019). Warehouse & distribution center best practices for your supply Chain. Retrieved from <https://legacyscs.com/warehouse-and-distribution-center-11-best-practices/>
- Hryhorak, M., Trushkina, N., Popkowski, T., & Molchanova, K. (2020) Digital transformations of logistics customer service business models. *Intellectualization of logistics and Supply Chain Management*, 1, 57-75. doi:10.46783/smart-scm/2020-1-6.
- Karpus, V. (2020). Nova Poshta launched the delivery of parcels from China by train. Retrieved from <https://novaposhta.ua/ru/fulfilment>
- Kononenko, M. (2020). Aliexpress warehouse in Russia, in Moscow: Where it is located and how it looks. Retrieved from [https://pokupar.com/sklad-alijekspressr#.XwZLAI\\_5ZQI](https://pokupar.com/sklad-alijekspressr#.XwZLAI_5ZQI)
- Kostiuchenko, A. (2020). Information and consulting center. 10 questions about the direct container train Ukraine-China. Retrieved from [https://cfts.org.ua/spetsproekty/10\\_voprosov\\_o\\_pryamom\\_konteynernom\\_poezde\\_ukraina\\_kitay](https://cfts.org.ua/spetsproekty/10_voprosov_o_pryamom_konteynernom_poezde_ukraina_kitay)
- Krasnoff, B. (2020). The best e-commerce fulfillment services. Retrieved from <https://www.pcmag.com/picks/the-best-e-commerce-fulfillment-services>
- Kulak, O. (2020). In 2019, Ukrzaliznytsia's container traffic increased by 14.64%. Retrieved from <https://railinsider.com.ua/v-2019-perevezennya-kontejneriv-ukrzaliznyczeyu-zroslo-na-1464/>
- Kulykov, A. (2020). Logistics and fulfillment trends in e-commerce. Retrieved from <https://www.shopolog.ru/metodichka/logistics/trendy-logistiki-i-fulfilmenta-v-e-commerce/>

Pndey, K. (2019). How ai is revolutionizing global logistics and supply chain management. Retrieved from <https://readwrite.com/2019/04/15/how-ai-is-revolutionizing-global-logistics-and-supply-chain-management/>

Rail freight from China to Europe – rates & transit time. (2019). Retrieved from <https://www.sino-shipping.com/rail-freight-china/>

Sahaidak, M., Zavyalova, M., & Kotane, I. (2017). Marketing strategy of enterprise positioning in the market of logistic services. *Periodyk Naukowy Akademii Polonijnej*, 5, 107-120. doi:10.23856/2412

Technologies disrupting logistics order fulfillment. (2019). Retrieved from <https://transmetrics.eu/blog/logistics-order-fulfillment-technologies/>

Tsareva, N. A.; Omelyanenko, S. Y. (2020). Remote work: development of employee digital competence, *Revista de la Universidad del Zulia*, 11 (31), 131-140. DOI: <http://dx.doi.org/10.46925//rdluz.31.10>

Ukraine's foreign trade in goods – import. (2019). Retrieved from <https://open4business.com.ua/ukraines-foreign-trade-in-goods-import-jan-march-2019/>

Ukrainians ranked second in the world in terms of growth in the number of orders on AliExpress. (2019). Retrieved from <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2019/11/11/653573/>

Wang, Y. (2010). Framework of evaluating e-commerce based on business process. *IC4E 2010 - 2010 International Conference on e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, 499-501. doi:10.1109/IC4E.2010.79

Yarovaya, M. (2017). How the fulfillment of the Nova Poshta company works. Retrieved from <https://ain.ua/2017/02/09/kak-rabotaet-fulfilment-novoj-poshty-fotoreportazh-iz-centra-v-brovarax/>

Zorini, C. (2020). Ecommerce fulfillment services: The best order fulfillment companies. Retrieved from <https://www.loadingcenter.co.uk/e-commerce-fulfilment/>

## The issue of the information technology and technical terminology translatability from English into Russian: the typology and the nominative density levels

Natalia Bobrova \*

Anton Lebedev \*\*

Larisa Tsybina \*\*\*

Iuliia Pinkovetskaia \*\*\*\*

### ABSTRACT

The 21st century is characterized by its rapid scientific and technological advancement. Digital and technical inventions have resulted in computer globalization which caused the necessity of adequate translation of different kinds of English-language technical documentation, manuals, software products, etc. The article deals with the recent tendencies in translation and interpretation studies showing increasing interest to the ways English scientific and technical texts are rendered into Russian. The article considers the peculiarities of translating the scientific and technical vocabulary in the information technologies sphere and provides a typology of the English terms. Non-equivalent vocabulary is considered to be the most serious communication challenge. The authors identify the basic typical features of the computer discourse vocabulary, analyze the correlation between its nominal density and translatability level. The findings indicate that the ratio between the nominal density and translatability level of linguistic concepts is inversely proportional. The academic originality of the study involves the classification of technical and computer terms, as well as comparing nominal density and translatability levels. The article focuses on the most applicable English-language computer terms translation techniques, such as calquing, substantiation, generalization, semantic development, descriptive translation, antonymic translation, replacement and transformation of parts of a sentence. Pointing out that both linguistic and extralinguistic factors affect the translation solution choice, the authors believe that the correct approach to the translation process guarantees a successful intercultural communication.

**KEYWORDS:** information and computer technologies; scientific and technical vocabulary; non-equivalent vocabulary; terms; peculiarities of translation; nominal density; level of translatability; linguistic and extralinguistic factors.

\*Department of the English Language for Professional Communication, Foreign Languages Faculty, N. P. Ogarev's Mordovia State University, Saransk, 430005, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9719-2170>.

\*\*Department of the English Language for Professional Communication, Foreign Languages Faculty, N. P. Ogarev's Mordovia State University, Saransk, 430005, Russia. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1927-5595>

\*\*\* Department of the English Language for Professional Communication, Foreign Languages Faculty, N. P. Ogarev's Mordovia State University, Saransk, 430005, Russia. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6730-5077>.

\*\*\*\*Department of the Economic Analysis and State Management, Institute of Economics and Business, Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, 432000, Russia. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8224-9031>. E-mail: [pinkovetskaia@gmail.com](mailto:pinkovetskaia@gmail.com)

Recibido: 09/09/2020

Aceptado: 05/11/2020

## La cuestión de la traducción de la terminología técnica y la tecnología de la información del inglés al ruso: la tipología y los niveles de densidad nominativa

### RESUMEN

El siglo XXI se caracteriza por su rápido avance científico y tecnológico. Las invenciones digitales y técnicas han dado lugar a la globalización de las computadoras, lo que provocó la necesidad de una traducción adecuada de diferentes tipos de documentación técnica, manuales, productos de software, etc. en inglés. El artículo trata de las tendencias recientes en los estudios de traducción e interpretación que muestran un interés creciente por la forma en que los textos científicos y técnicos en inglés se traducen al ruso. El artículo considera las peculiaridades de traducir el vocabulario científico y técnico en el ámbito de las tecnologías de la información y proporciona una tipología de los términos en inglés. El vocabulario no equivalente se considera el desafío de comunicación más serio. Los autores identifican las características básicas típicas del vocabulario del discurso informático, analizan la correlación entre su densidad nominal y su nivel de traducibilidad. Los resultados indican que la relación entre la densidad nominal y el nivel de traducibilidad de los conceptos lingüísticos es inversamente proporcional. La originalidad académica del estudio implica la clasificación de términos técnicos e informáticos, así como la comparación de densidad nominal y niveles de traducibilidad. El artículo se centra en las técnicas de traducción de términos informáticos en inglés más aplicables, como cálculo, fundamentación, generalización, desarrollo semántico, traducción descriptiva, traducción antonímica, reemplazo y transformación de partes de una oración. Al señalar que factores tanto lingüísticos como extralingüísticos afectan la elección de la solución de traducción, los autores creen que el enfoque correcto del proceso de traducción garantiza una comunicación intercultural exitosa.

**PALABRAS CLAVE:** tecnologías de la información y la informática; vocabulario científico y técnico; vocabulario no equivalente; condiciones; peculiaridades de la traducción; densidad nominal; nivel de traducibilidad; factores lingüísticos y extralingüísticos.

### Introduction

The modern conditions imply the rapid growth of information and computer technologies that serve as a communicative and informative sphere and encompass all the areas of professional and everyday life in general. The world of IT and multimedia creates the so-called “reality-within-reality” with its own moral, informal and even legal norms. The innovative technological advances create a “techno-sphere” which is transcendent, accessible and exists trans-nationally. A digital device is no longer a discrete unit existing

within its own technological and data limits, but a workstation connected with the other users via network. The development of the digital currency and online advertising makes the “techno-sphere” an economic factor to be dealt with; it also possesses the certain cultural and even political influence: “ban” and “unfriend” policies become a widely discussed issue.

The specific significance of the IT and multimedia development has recently become additionally relevant due to the pandemic restrictions and further “digitization” of the educational space. While helping to provide relatively healthy, epidemically safe and productive academic environment, the Internet-based education has become a point of debate – whether it is valid only as a supplementary tool or can completely substitute the traditional in-classroom format. Nonetheless, Russian educational institutions and experts need profound awareness of the innovative technical and multimedia advances. This requires the appropriate and valid translation techniques, as well as the development of the national software and hardware products. They are mostly accompanied by the English-language documentation and manuals, as well as all communication between specialists in this field is also carried out mainly in English. Thus, substantial translation work is to be done; the issue of English computer vocabulary adequate translation is becoming increasingly widespread both for programmers and computer technology developers, as well as for non-professional PC users. Some people believe that such words pollute the language, while others suggest that they are an indicator of the high level of science and technology development. The terms that were previously used in the professional speech of IT experts have become widespread both in the professional field and everyday life of modern society. Despite the vast number of works in the field of general terminology, translation theory and lexicography, accurate and concise translation of IT terms is gaining its relevance.

The English language is widely recognized as the so-called “lingua franca” in multiple spheres, including law, academic activities, engineering and information technology (IT). It is justified not only by the linguistic criteria per se, but can also be explained by extralinguistic factors: English-speaking countries are the creative source of the latest technological advances and the basis of the world's largest innovation clusters - in particular, the California Silicon Valley comprising the headquarters of such high-tech

companies as Adobe, AMD, Apple, Electronic Arts, Facebook, Google, Hewlett-Packard, Intel, Nvidia, Symantec, Yahoo, Xerox. The high level of globalization and cooperation in the field of technology results in the urgency of overcoming language barriers, as well as filling linguistic gaps in the absence of certain lexical units in the “recipient” (e.g., Russian) language. By acquiring the competence of terminology and nomenclature, as well as the appropriate language proficiency, IT professionals are able to seamlessly share their expertise, experiences and innovations.

Accordingly, this requires not only the specific professional abilities, but also the linguistic skills and competences that the experts in a given IT sphere need to master. As stated by M. I. Murneva, N. A. Shestakova, E. V. Samoilova (2018): "... the specificity of the English language lies in the fact that the most important role in its mastering is played by training and the use of material in the act of communication, which takes time". The **relevance of the research** is evidenced in the development of the subject area that rapidly permeates our everyday life; therefore, there is a constant growing need of translation and communication in the IT sphere. The development of technologies requires not only technical skills, but also linguistic comprehension - in particular, systematization of terminology, publishing of dictionaries, development of specific educational programs etc. The peculiarities of IT nomenclature are as follows: accuracy, condensation of meaning (high nominative density), logics, consistency and brevity.

The **academic significance** of the research is explained by the analyzing of the correlation ratio between the level of translatability and nominative density; the proposed classification of IT, technical concepts and nomenclature are also of great interest. The work is aimed to identify the main features characteristic of this vocabulary, as well as to analyze the relationship between its nominative density and the level of translatability. To achieve this goal, the authors set the following **objectives**:

- 1) to assess the overall significance of the terminology when translating technical texts;
- 2) to identify the main types of information technology vocabulary;
- 3) to classify these types according to their level of translatability and nominative density;

4) determine the relationship, correlation and ratio between the degree of translation complexity and nominative density.

The process of the research included the methods of vocabulary, the syntactic and comparative translation analysis. The research material involved the extracts from the technical texts and individual lexical units typical for the field of information technology - excerpts from instructions and textbooks, as well as examples from the authors' translation and teaching practices. The results of the research could be used in the development of the courses on technical translation, as well as practical materials for interpreters in the computer, technical and information fields.

## 1. Literature Review and Discussion

The issue of the technical texts' translatability is reflected in the works of many Russian and foreign researchers: J. Byrne (2006), I. Blank (2000), L. I. Borisova (2005), P. A. Elin (2012), B. N. Klimzo (2017), I. L. Komleva (2009), L. A. Konyaeva (2015), O. D. Mitrofanova (1973), A. L. Pumpyanskiy (1965), N. Ravzhaa (2009), V. I. Sidorova, E.V. Tikhonova, L.K. Kondratyukova (2011), R. Stoltse (2009). The scholars raise the question of the translation difficulties, reveal a number of lexical features of the English-Russian academic and technical translation, consider the trends in the development of the so-called "technical English". They study and analyze the issues of dynamic equivalence, translatability levels, general translation techniques and specific translation areas based on the hand-on experience and case studies.

Thus, I. L. Komleva (2009) introduces the term "computer language" and offers the following definition: "... a specific terminology that is being formed in the subject area, technologically related to the production of personal computers and software". At the same time, the researcher highlights the following thematic areas of the computer terminology development: general information about digital devices (creation, production, models, functions); hardware and equipment; software (including operating systems); programming languages, creation of software products; solving computational problems; information, communication and multimedia technologies.

Considering the problem of "neologization" (neologisms formation) and codification of terms, N. Ravzhaa (2009) analyzes a number of principles, "on the basis of which the

Russian-language technical terminology is formed in a particular area or industry": the principle of translation (simple transfer of the semantics of certain lexical units: *antivirus*, *homepage*, *speakers*, *resolution*); the priority of the native language (*edit*, *paste*, *booting*), that is, the rules of the Russian vocabulary, lexis and grammar are given priority); the principle of common, "everyday", vocabulary (*mouse*, *web*, *basket*); the principle of integration (the transition of terms from one area of knowledge to another: for example, "social network" is not merely the Internet technology, but a sociological concept as well). According to A. V. Lebedev (2018), "the Internet space is a source of formation of a new culture, including the latest linguistic concepts".

The researchers V. D. Tabanakova and A. B. Kutuzov (2007) state that "... the computerization progress necessitates the adequate translation. Nowadays, the issue of translating English digital terminology into Russian is especially relevant. It is necessary and vital for technical documentation and literature, software interface and lexicographic work". However, they also note that "the difficulty of texts translation, in the field of information technology in particular, is that many computer terms refer to non-equivalent vocabulary, that is, they do not have regular correspondences in Russian (except for dictionaries' descriptive articles)".

V. V. Makhova (2015) lists the criteria for the successful and valid translation as a result of the interpretation process: "one cannot avoid the fact, that when performing an academic text translation, the following elements are to be taken into account: the accuracy of information inherent in it, the argumentation persuasiveness, the logical presentation sequence, the laconic form, consistency, as well as a high degree of information density due to the number of terms in the text". The authors of this paper agree that when working with technical texts, one should take into consideration the prevalence of various types of abbreviations, the preference of some syntactic phrases over others, the peculiarity of the grammatical constructions' translation.

The issue of "translation decision" and "interpreter's creativity" is studied by multiple Russian and Post-Soviet researchers. L. L. Nelyubin (2003) states that the translation solution plays an important role when interpreting scientific and technical literature, one needs to find the optimal choice of synonymous substitution for a specific translation unit in the translating language. V. I. Karaban (2003) expresses similar views

indicating that “one of the most difficult aspects in translation is the choice of one lexical element from a number of synonyms”, justifying this by the fact that “synonyms are often characterized only by insignificant semantics and stylistics which the translator needs to know in order to make the right interpretation decision”. N. E. Bobrova (2004) points out that “having basic knowledge in the professional field a future specialist needs to possess analytical thinking”.

The study by E. F. Skorokhodko (1963) analyses the peculiarities of scientific texts touching upon special technical terms: “A large number of special terms in the text, especially newly appeared (neologisms), creates significant difficulties in translation practice”. Neologisms formation is in focus of the other works. In addition, A. A. Veyze, N. B. Kireev, I. K. Mironchikov (1997) concentrate on neologisms as the most considerable difficulty when working with scientific and technical literature, since most of them are absent in dictionaries. The problem of polysemantic words is pointed out by R.F. Pronina (1989): “despite a huge number of technical terms, the language of scientific and technical literature includes a large percentage of common words and phrases, and a significant part of common lexis is polysemantic words”.

The concise and precise wording of the translation is in focus of L.N. Porokhovnik's research (1992). The author stresses that the interpretation is directly dependent on the personal qualities of the translator, as well as “requires knowledge in the specific field of the translation”. L. S. Barkhudarov (1975) suggests that the most widespread and generally accepted concept is the interpretation of non-equivalent vocabulary as lexical units that have neither full nor partial equivalents among the target language lexical units. The scholar (Nelyubin, 2009) states that non-equivalent vocabulary traditionally includes culture-bound terms, neologisms, anthroponyms, toponyms, zoonyms and other proper names, as well as temporarily non-equivalent terms and accidentally non-equivalent words, or “accidental gaps”.

Dealing with the English language computer terminology translation and the ways of non-equivalent vocabulary cultural adaptation are considered in the survey by M. A. Bolotina and A. A. Smirnova (2018), as well as some types of non-equivalent vocabulary in the English discourse and the ways of translating lexical items into Russian. The researchers claim that the main types of non-equivalent vocabulary are divided into three

groups: referential-non-equivalent, pragmatic-non-equivalent and alternative-non-equivalent vocabulary. For computer-information discourse referential-non-equivalent vocabulary is the most typical, namely terms, author's neologisms and words of broad semantics.

The translation of IT and technical nomenclature has been a study focus of many international researchers dealing with translatability into their local languages, as well as the implementation of technical and online advances into the professional and educational spheres. For instance, S. Göpferich (2018) analyzes the linguistic measures of standardization that consists of the introduction of a standardised terminology, compliance with a style guide and the use of a controlled language (CL). Inter alia, CLs are illustrated by the rules of the Simplified Technical English (STE). The study “Leveraging bilingual terminology to improve machine translation in a CAT environment” (Arcan et al., 2017) deals with the extraction and integration of automatically aligned bilingual terminology into a Statistical Machine Translation (SMT) system in a Computer Aided Translation scenario. The information technology nomenclature is compared and tested in English, Italian and German and draws the conclusion of the significant improvement of the system results, especially compared to the widely-used XML markup approach. S. Wentao (2016) from Linyi University of Shandong, China emphasizes the significance of computer English, the manifestation of the linguistic features, IT English vocabulary and syntax characteristics and the peculiarities of computer English-Chinese translation skills.

In the survey “*Evaluating Automatic Term Extraction Methods on Individual Documents*” (Bašić et al., 2019), the researchers state that ATE is implemented in many tasks, including Computer Assisted Translation. The authors study the results of transfer to document-level ATE and “evaluate 16 state-of-the-art ATE methods on full-length documents from three different domains, on both corpus and document levels”. The similar issue is discussed in the study by V. Bilic (2020) on the online computer-assisted translation classroom, that is a means of teaching how to use the latest translation technology through hands-on remote software use and collaborative translation exercises. In teaching the prospective technical interpreters, the scholar draws on process-oriented approaches to translator training and the method of cooperative translation.

Digital technologies and the terminologized lexis are also in focus of the comprehensive research by V. Celiešienė and S. Juzeleniene (2020) who state the aim of their article: to reveal semantic motivation of terminologized Lithuanian and English computer lexis, drawing the conclusion that close similarities between central meanings of specific English and Lithuanian words caused the development of new terminological meanings related to information technologies.

Authors (Nzomo et al., 2016) study the multilingual information retrieval and use within the framework of perceptions and practices amongst bi- or multilingual academic users. Having analyzed the issue by surveying bi- or multilingual students recruited from a Canadian university and a community college both located in London, Ontario, the authors conclude that achievements of technology have alleviated some of the linguistic related challenges while searching for information online. However, language barriers still exist for some students, especially at the query formulation stage. The issue of Speech-to-speech translation (S2ST) and word-level equivalence is dealt with by authors (Do et al., 2017). The system is designed to remove barriers in cross-lingual communication, including the technical and programming area. The conventional S2ST systems substantially and appropriately convey the linguistic meaning of speech, but partially lose paralinguistic information expressing other speech characteristics (i.e., emotion or emphasis). The paper proposes a method to translate this paralinguistic data, focusing on emphasis and intonation, studying the components that can accurately translate emphasis using all acoustic features of speech. The listening tests indicate that the respondents could identify the emphasized words with 87.8% accuracy, and that the naturalness of the audio material was preserved.

Thus, there is a common agreement that a translator dealing with IT-terminology is to comprehend the peculiarities of both English and Russian nomenclature. The linguistic knowledge should be accompanied by the competence in a subject area; this is critical for coping with the difficulties of translating technical terms specific to the field. Inconsistent, incorrect and inappropriate use of terms distorts the meaning of the original information message and impedes communication, resulting in data loss. Since contemporary companies and industrial establishments consider the consistency of terminology as the core of business communication, they are seriously involved in terminology work, clarifying

terms that can lead to confusion, and ensuring the uniformity of the terminology used in practice. These institutions develop specialized terminology databases containing not only industry-specific terminology, but also corporate abbreviations and intercompany terminology that are specific for certain companies.

Basing on the above-mentioned concepts and researchers' notions and viewpoints, one could single out several major types of lexical units related to information and technical terminology.

## 2. Findings

### 2.1. Neologisms

Regarding the translation of original sources into the Russian language, the main difficulty is posed by neologisms. The translation solution plays an important role when dealing with scientific and technical literature; an interpreter would need to find an optimal synonymous substitution for a specific translation unit in the translating language. Computer vocabulary in English (along with youth slang, terminology of art, journalistic texts, and academic nomenclature) is the most important source of neologisms in the sphere of the Russian linguistics. Along with the production of a technical innovation, these lexical units emerge in the English language and then are transferred into Russian, becoming the common-use lexemes in everyday life, while the term already existing in the language is replaced.

Consequently, the emergence and widespread dominance of computer technology in Russia resulted in the replacement of the following words: calculator - computer, digital printing device - printer, etc. This trend is driven by the tendency to form a unified international terminology, as well as the ease of its application in real communication situations. At the same time, already capacious English words are simplified and "vulgarized" which leads to the appearance of the so-called "computer slang" - "hard" (hard disk), "soft" (software), "mat" (Russian "mother", motherboard), "fiksit" (from the word fix - repair), "drova" (Russian "firewood", drivers, programs to ensure the operation of devices) and many others.

### 2.2. Contextual Terminology

Another feature of computer and technical terminology is its highly specialized nature and contextuality. The main task in its translation is the definition of the discourse, sphere and area translation, as well as an adequate transfer of meaning, taking into account the semantics of lexemes. If some computer lexical units can be translated by the method of transferring an unambiguous equivalent in about the same for all spheres in a way (*tablet, device, desktop, laptop, personal computer*), in other cases the equivalence is contextual (variant) and the contextual translation is preferred.

In particular, different words denoting seemingly similar concepts can vary significantly in context. For example, translating requires the knowledge how to distinguish the words “storage” and “memory” and how these notions are fundamentally different, which denote computer memory. In the first case, most likely, one implies a data storage device / drive, while the word "memory" more frequently denotes random access memory (RAM). In this case, both words can be translated as *памаят`* “memory (device)”. Another example of contextuality when translating technical terms is the word "deadlock", which can be translated as "*stalemate*" in the general sense, but has at least two meanings in the digital environment - "*program freeze*", "*glitch*". In the English version, the definition of deadlock is much shorter while in the process of translating into Russian, it seems critical to avoid ambiguous interpretation.

This leads to the identification of three main principles when dealing with contextual terminology translatability: 1) the correct definition of the concepts expressed by a term could be done provided that a translator acquires certain specialized knowledge; 2) despite the fact that terms are characterized by a specific meaning in concrete contexts and have a tendency to be mono-semantic, they cannot be considered as absolute semantic units, since a number of terms with a certain technical meaning can change their content depending on the field and context in which it is used; 3) correct interpretation of terminology units requires the knowledge of terms morphological structure, their specific semantic meaning, as well as the main types of terms and phrases.

Regarding their structure, all the terms can be divided into the following categories:

1. “Simple” type - e.g. *application, decode, panel* – which are characterized by the same term system and relative unambiguity;

2. Multi-semantic type – e.g. *pagefile*, *paint-brush*, *fault-tolerant* - that can be differently used in various contexts and have different meanings in some branches of the same scientific or technological sphere. For instance, *deadline* - a date within each assignment by which submission, review and approval should be completed (IT sphere), *deadline* - equipment awaiting repair or maintenance (oil refining industry). Thus, a translator is expected to pay attention to the semantic environment when translating the homonymous terms to avoid incorrect and inappropriate equivalents and interpretations.

3. Word combinations – e.g. *file allocation table*, *call distribution*, *scale integration* - that are the most difficult for translation since they consist of two and more separate units. The main component is the last word, and the determining element is the penultimate word, phrase or compound term.

This indicates that the referred technical style under consideration should be characterized by concreteness and unambiguity. The following terms also require taking into account the contextuality in translation: monitor ("Monitor" or "checking, tracking"), input ("input" or "information induction"), computing ("calculation" or "computer network"), data mining ("mining" or "data extraction") etc.

### 2.3. Translation Misinterpretation (i.e., “Translator`s False Friends”)

In other cases, only unambiguous equivalents should be considered - the terms may outwardly resemble widely used words (the so-called "false friends of the translator"). This leads to the misinterpretation of the terminology based on linguistic similarities. Consequently, "*waking up*" has nothing to do with morning routines but refers to "waking up" of the computer system; battery life is not how long the battery can operate without charging but the level of battery deterioration; *frame rate* is not the "level of framework" but rather the digital terminology; *box* is a "window", not a physical "box"; *bar* - "panel, tab", not "hash" and so on. When translating into Russian, additional verbs and auxiliary words can be introduced, if necessary, to comply with the language norm, which is an integral part method of compensation for translation: e.g., Code-Less - "reduction of the amount of code (program)"; Physical Security - not - "ensuring security at the physical level"; Firewall Virus Detection - "detection of virus programs using a firewall".

#### 2.4. “Imagery” Terminology

The technical and IT-vocabulary is commonly associated with the units that create an image providing users with a mental picture. This implies the wide implementation of phraseological units - expressions which are lexically indivisible, compositionally and structurally fixed, integral in meaning and reproduced in the form of a ready-made speech units. L.V. Tsybina and D.G. Garan'kin (2020) states the properties of phraseological units: reproducibility, sustainability, idiomaticity, inseparability, belonging to the nominative inventory of the language. The distinctive features of digital and IT-terminology additionally include metaphorical nature and imagery. For instance, users and developers view the sphere of computer technology as representing “intelligent creatures” that possess memory, language and even become “*infected*” with a “*virus*”. The other illustrations include the terms “mouse” and “Windows” showing their similarities to the represented images. A device for regulating the movement of the cursor has the image of a mouse, while the name of the Windows program is associated with the way of providing information in the form of windows on a computer screen (graphic user interface).

Professional terminology is frequently associated with jargon (estimated to constitute up to 40% of IT nomenclature). The thesaurus of the computer and information technology sphere is borrowed from general English; consequently, the technical vocabulary is used not only in professional environments, but also in everyday life, both by specialists and users of all ages and professions. As one can observe from the previous examples and illustrations, in some cases, computer vocabulary is characterized not only by imagery, but even some emotional coloring and metaphor, which is especially characteristic of the American technical discourse (firewall - literally "a wall of fire, an insurmountable obstacle"; hosting - literally "placement, to be the master of smth."; web - "cobweb"; network - "fishing nets" etc.).

While preserving the original semantics as much as possible, a translator has to dwell on a more neutral equivalent, omitting stylistically or overly “emotional” or “imagery” elements. For instance, V. I. Sidorova, E.V. Tikhonova and L. K. Kondratyukova (2011) offer the following example: Dial up FireWalling with Free BSP could be rendered as "building a firewall on a dial-up communication channel using Free BSP". The word “bottleneck” (literally - “neck of a bottle”, “narrow passage”, "traffic jam"), which in the technical sense

conveys the meaning of a resource limiting the production capabilities of the entire production process, i.e., equipment with the lowest bandwidth, the inability of a separate segment of the system to cope with a given volume of work, which slows down the execution of subsequent operations by other segments of the system” (Tanenbaum & Herbert, 2015). Accordingly, the short and concise phrase “CPU bottleneck” is translated as “the system downtime associated with CPU overload”. Another example is the phrase “Split-hair accuracy”, which draws a specific image and mental picture to convey the meaning of precision.

## 2.5. Abbreviations / Acronyms

Like other areas and fields, technical and computer terminology has a tendency to abbreviations, which is associated with the need to quickly express complex and capacious concepts and notions. There are a number of generally accepted and widespread abbreviations that are common for the majority of computer or mobile device users: WWW - World Wide Web; FAQ - Frequently Asked Questions; QR Code - Quick Response Code. In a highly specialized text, there may be specific abbreviations that are understandable to a specialist or an expert in a given field or a subject area: SSD - Solid-State Drive; API - Application Program Interface (software interface); ISP - Internet Service Provider; DNS - Domain Name System. Certain abbreviations or acronyms are actively used in speech, while their complete explanation and expansion is not widely known. For instance, "SIM card" - SIM - subscriber identity module; CD-ROM - Compact Disk Read-only Memory - a kind of CD with recorded with read-only data; JPEG - Joint Photographic Experts Group - image format. According to N. I. Rokunova and O. V. Slugina (2018) the learning of these lexical units demands and requires a “contextual approach”.

## 2.6. Attributive Phrases

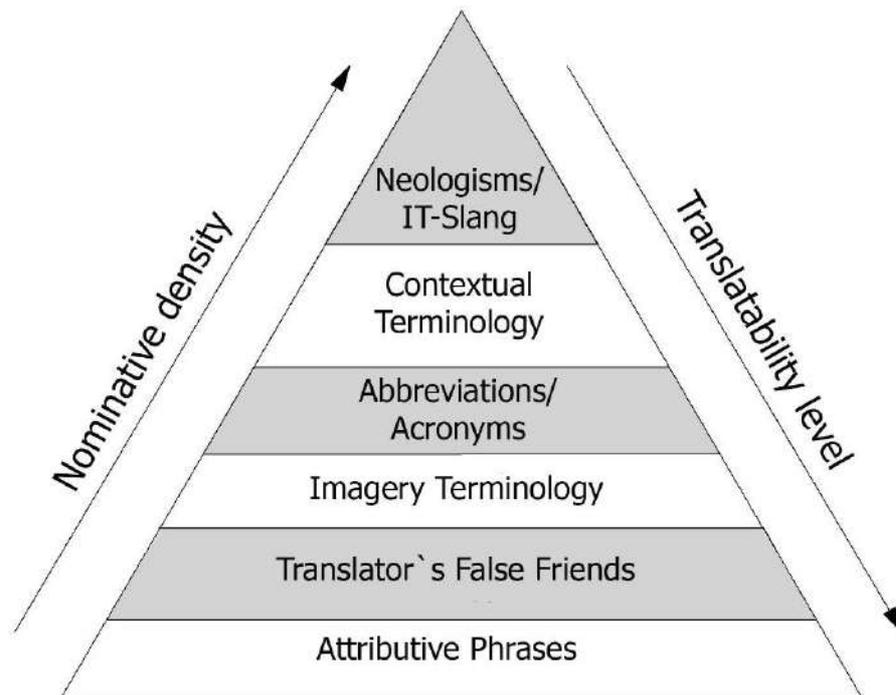
This type of collocations under consideration constitutes attributive constructions that point to the properties, qualities and characteristics of various complex phenomena. At the same time, attributive constructions with an adjective attribute can be distinguished as subtypes (attributes - adjectives); attributive constructions with a verb attribute; attributive constructions with a substantive attribute (attributes are nouns); attributive collocations with internal predication (attributes - phrases or sentences). The need for

attributive word combinations is associated with the overall high nominative density of English language concepts, as well as with the tendency to compression, capacity and accuracy. For instance, device charge status light defect is a non-working status indicator device charge; equipment medical device interference guideline - equipment manual (index) on the impact on the operation of medical devices; nearly total self-management system - a system with almost complete self-management, etc. The examples indicate that the translation of such attributive constructions is carried out by careful analysis of the interdependence and interrelation of their structural elements and components. In this case, the major semantic core is usually located at the end of the phrase, respectively, the attributes are translated, starting with the closing elements.

### 3. The Nominative Density Ratio and Translatability Levels of IT-Terminology

Nominative density is defined as “the degree of detail of the linguistic representation of a certain conceptual space, detailing the designated fragment of reality, multiple variable designations and complex semantic shades of a notion under consideration” (Popova & Sternin, 2007), it increases as the level of translatability decreases (reverse ratio). At the same time, the level of translatability denotes the degree of equivalence (unambiguous, variant, zero types) in translation, as well as the level of linguistic and cultural adaptation of IT and technical concepts. For example, neologisms often have a high degree of nominative density, but their mere existence is justified by the lack of translatability or practical reasons (in particular, compression). Attributive constructions assume a sufficient degree of unambiguity (respectively, have a lower nominative density), while their translatability is higher.

The following diagram represents the typology of lexical units related to information, computer and technical spheres. The basic types of lexical units discussed above were taken as a basis, related to information technology terminology. There is also a certain correlation between the degree of nominative density and the level of translatability.



Based on this diagram, the following observations can be made:

- 1) translation of technical texts is especially complicated and challenging, since this area has an impressive volume and contains many complex, as well as highly specialized terms related to all of the stated categories;
- 2) there is an inverse proportionality (ratio) between the nominative density of terminological concepts and the levels of their translatability;
- 3) the increasing nominative density leads to the “archiving” of the concept, which makes the process of extracting and reconstructing it in the native language even more challenging;
- 4) approaching the top of the diagram (“the pyramid”), the neologization (neologisms formation) process takes place, which is justified by the high nominative density and low level of translatability;
- 5) at the “base of the pyramid” there are those types of terms that have a low nominative density (due to attribution, figurativeness and unambiguous equivalence). Despite the high level of their translatability, translation may still be challenging.

## Conclusion

The globalization era increasingly reveals the importance of translation in every sphere of life. Close interaction, collaboration and integration of countries, companies and individuals across the world is the result of rapid pace of science and technology development. Moreover, the rapid development of different fields of science and technology enhances the importance of scientific and technical translation. The cyber world existence proves the relevance of research on methods of translating English-language computer terms. It has resulted in borrowing of a considerable number of technical neologisms into the Russian language, especially in IT and Internet areas. This process is continuous, inevitable and unstoppable.

Thus, the computer discourse consisting of non-equivalent vocabulary can become a serious communication challenge. While translating various types of vocabulary, one should focus on the diverse components of communication that are relevant in a given pragma-linguistic and cultural context. The reference function (i.e., an idea behind the lexical unit) is relevant for the terms and words of broad semantics translation. To achieve the appropriate and correct equivalence, various translation transformations are used: “calque” method, descriptive translation, transcription and transliteration, substantiation and lexical omission. The interpretation models in the translation process include: situational (denotative), transformational, semantic, and psycholinguistic.

It should be pointed out that both linguistic and extralinguistic factors influence the translation solution choice; consequently, knowledge of linguistics and a substantial amount of background (environment, reality) data are the key to professional translation. Thus, a translator is required to rely on general erudition, possess the skills to search for information, use linguistic knowledge in the field of a particular field and creative approach. The major task is to choose the most appropriate equivalent for broad semantics words basing on context, as well as to transfer what an author intended to say without changing the lexico-semantic meaning of words. Contextual and hyponymic translation, the method of assimilation is most frequently used when translating broad meaning lexemes.

Having considered some of the features of the IT and technical terms translatability, the following **conclusions** can be drawn:

1. Translation in the field of IT occurs almost immediately after (or even in the process of) the development of innovative technologies. This requires the earliest possible study of existing terms and the competent introduction of new concepts into local languages.

2. The research identifies the different types of terminology in the field of IT; their classification and typology indicate the demand of further research on the issue of translatability, as well as the direct study of the subject areas.

3. The distinctive feature of academic and technical vocabulary is a large number of specialized terms and abbreviations. As the field of information technologies is constantly developing, their number is increasing. At the same time, different degrees of translatability determine the complexity of translation and the need for high competence required of the translator.

4. The relationship, correlation and ratio between the nominative density and the degree of translatability of the IT linguistic concepts is inversely proportional serving as the evidence of the complexity in the transmission of lexical units from one language to another.

## References

Arcan M., Turchi M., Tonelli S. & Buitelaar P. (2017). Leveraging bilingual terminology to improve machine translation in a CAT environment. *Natural Language Engineering*, 23(5), 763-788. Available at: <https://doi.org/10.1017/S1351324917000195> (accessed 13.01.2020).

Barkhudarov L.S. (1975). *Language and translation*, International relations, Moscow.

Bašić B.D., Buljan M., Šnajder J., Šajatović A. (2019). Evaluating Automatic Term Extraction Methods on Individual Documents. *Proceedings of the Joint Workshop on Multiword Expressions and WordNet (MWE-WN 2019)*. Florence: Association for Computational Linguistics, 149-154. Available at: <https://www.aclweb.org/anthology/W19-5118/> (accessed 04.01.2020). DOI: 10.18653/v1/W19-5118.

Bilic V. (2020). The online computer-assisted translation classroom. *The International Journal for Translation & Interpreting Research*, 12(1), 127-141. Available at: <https://www.transint.org/index.php/transint/article/view/1028> (accessed 06.01.2020). DOI : 10.12807/ti.112201.2020.a08.

Blank I. (2000). *Terminology extraction from parallel technical texts*. Parallel text processing. Dordrecht, Springer, 237-252.

- Bobrova N.E. (2004). On the translation issue as a method of teaching language for special purposes. *Humanitarian research: tradition and innovation. Collection of scientific and methodological works*. Saransk, 163-167.
- Bolotina M.A., Smirnova A.A. (2018). Translation of non-equivalent vocabulary in the localization of computer games. *Bulletin of the I. Kant Baltic Federal University. Philology, pedagogy, psychology*, 1, 20-28.
- Borisova L.I. (2005). *Lexical features of the English-Russian scientific and technical translation: theory and practice of translation*. Moscow, NVI-TEZAURUS.
- Byrne J. (2006). *Technical translation: Usability strategies for translating technical documentation*. Dordrecht, Springer.
- Celiešienė V., Juzeleniė S. (2020). Semantic motivation of the terminologized lexis in the field of digital technologies. *Journal of Teaching English for Specific and Academic Purposes*, May. Available at: [https://yandex.ru/search/?from=chromesearch&clid=2242348&text=htthttps%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F341413771\\_SEMANTIC\\_MOTIVATION\\_OF\\_THE\\_TERMINOLOGIZED\\_LEXIS\\_IN\\_THE\\_FIELD\\_OF\\_DIGITAL\\_TECHNOLOGIES&lr=42](https://yandex.ru/search/?from=chromesearch&clid=2242348&text=htthttps%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F341413771_SEMANTIC_MOTIVATION_OF_THE_TERMINOLOGIZED_LEXIS_IN_THE_FIELD_OF_DIGITAL_TECHNOLOGIES&lr=42) (accessed 12.01.2020). DOI: 10.22190 / JTESAP2001031C.
- Do Q.T., Toda T., Neubig G., Sakti S. & Nakamura S. (2017). Preserving Word-Level Emphasis in Speech-to-Speech Translation. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 25(3), 544-556. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7792638> (accessed 11.01.2020). DOI: 10.1109/TASLP.2016.2643280.
- Elin P.A. (2012). Peculiarities of translation of scientific and technical papers. *Scientific periodicals: problems and solutions*, 4(10), 11-13.
- Göpferich S. (2018). *Standardisation of Language and Communication. Handbuch Sprache in Organisationen*. Berlin, Boston: De Gruyter. Available at: <https://doi.org/10.1515/9783110296235-010> (accessed 12.01.2020).
- Karaban V.I. & Mays J. (2003). *Translation from the Ukrainian language into the English language*. Vinnytsia, Nova Kniga.
- Klimzo B.N. (2017). *The technical translator's craft: about the English language, translation and translators of scientific and technical literature*. 4th ed. Moscow, R.Valent.
- Komleva I.L. (2009). *Principles of formation of Russian computer terminology*, Moscow.
- Konyaeva L.A. (2015). Some of the difficulties of scientific and technical translation. *Translation and comparative linguistics*, 11, 50 -54.
- Lebedev A.V. (2018). Internet technologies in teaching foreign languages as a vector of development of higher education. *Humanities and education*, 9(2), 64-69.

- Makhova V.V. (2015). Semantic analysis of scientific and technical texts as a way of forming foreign language competence in the field of professional communication (on the example of teaching students of non-linguistic universities). State South-West University, Kursk.
- Mitrofanova O.D. (1973). The language of scientific and technical literature. Moscow, Publishing house of Moscow University.
- Murneva M.I., Shestakova N.A. & Samoilova E.V. (2018). Modern Technology of Teaching English at Non-Linguistic Faculties: Science or Art? *Philological Science. Issues of Theory and Practice*. Tambov, 3-2 (81), 415-418.
- Nelyubin L.L. (2009). Introduction to translation technique (cognitive theoretical and pragmatic aspect). Moscow, Flinta.
- Nelyubin L.L. (2003). Explanatory translation dictionary. Moscow, Flinta, Nauka.
- Nzomo P., Ajiferuke I., Vaughan L. & McKenzie P. (2016). Multilingual information retrieval & use: perceptions and practices amongst bi/multilingual academic users. *The Journal of Academic Librarianship*, 42(5), 495-502. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099133316300969> (accessed 11.01.2020). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2016.06.012>.
- Popova Z.D. & Sternin I.A. (2007). Cognitive linguistics: monograph. Moscow, AST, Vostok - Zapad.
- Porokhovnik L.N. (1992). Difficulties with industry terminology. *Theory and practice of translation*, 18, 65-73.
- Pronina R.F. (1989). Manual for the translation of English scientific and technical literature. Moscow, Higher school.
- Pumpyanskiy L. (1965). Manual for the translation of scientific and technical literature into English. Moscow, Science.
- Ravzhaa N. (2009). Teaching Mongolian students non-philologists (programmers) reception and production of texts containing definitions of computer terms, Moscow.
- Rokunova N.I. & Slugina O.V. (2018). Basic approaches and principles of teaching English phrasal verbs to students of non-linguistic specialties. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Problems of linguistics and pedagogy*, 4, 172-180.
- Sidorova V.I., Tikhonova E.V., Kondratyukova L.K. (2011). English for postgraduate students: textbook. Omsk, OmSTU Publishing House.
- Skorokhodko E.F. (1963). Questions of translation of English technical literature. Kiev, Kiev University.
- Stolze R. (2009). Dealing with cultural elements in technical texts for translation. *The Journal of Specialized Translation*, 11, 124-140.

Tabanakova V.D., Kutuzov A.B. (2007). Prolegomena to the denotative model of computer terms translation. Urgent problems of linguistics and terminology, Yekaterinburg, 38-40.

Tanenbaum E.S. & Herbert B. (2015). Modern operating systems. St. Petersburg.

Tsybina L.V. & Garan'kin D.G. (2020). Structural-Etymological Analysis of the English Phraseological Units in the Sphere of Sport with the Onym Component (by the Material of the English Language). Philological Science. Issues of Theory and Practice. Tambov, 13(1), 230-235. Available at <https://doi.org/10.30853/filnauki.2020.1.46> (accessed 10.01.2020).

Weise A.A., Kireev N.B. & Mironchikov I.K. (1997). Translation of technical literature from English into Russian: study guide, Minsk.

Wentao S. (2016). The Study of Computer English Language Characteristics and Chinese Translation Skills. Advances in Social Science, Education and Humanities Research, 85. Available at <https://download.atlantis-press.com/article/25865393.pdf> (accessed 09.01.2020).

## RESEÑA

Annika Zorn, Jeff Haywood and Jean Claude Glachant (2018).  
*Higher Education in the Digital Age*. Edward Elgar Publishing

Roberto Carlos Dávila Morán \*

*Higher Education in the Digital Age* es una colección editada de artículos que describen ejemplos de innovación digital en la educación superior. El texto está orientado a una amplia audiencia profesional de profesores, directores académicos, formuladores de políticas, administradores académicos y líderes de proyectos, los lectores encontrarán que el volumen es conciso y que los artículos contribuyentes son legibles e informativos. Los editores afirman que las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) han interrumpido las prácticas tradicionales, que requieren un nuevo examen y diálogo sobre las formas y medios para lograr los objetivos de la misión. Destacando que existen oportunidades positivas para las instituciones que buscan abiertamente adaptarse e innovar mediante la incorporación de la tecnología en la práctica, los editores opinan que hay tres escenarios potenciales para el futuro: colaboración abierta, marginación de actores tradicionales o dominios coexistentes. En general, este libro proporciona una excelente introducción a las TIC en la práctica en la educación superior.

Los lectores descubrirán que la colaboración abierta facilitada por las TIC es un énfasis clave. El libro muestra la innovación, comparte las mejores prácticas y proporciona ejemplos de desafíos contemporáneos y cómo se han superado.

\*Docente Universitario. Universidad Privada del Norte (UPN), Perú. ORCID:  
<https://orcid.org/0000-0003-3181-8801>. E-mail: [rdavila430@gmail.com](mailto:rdavila430@gmail.com)

Recibido: 03/11/2020

Aceptado: 07/12/2020

Los ejemplos incluyen la descripción de Marr de como la Open University (OU) del Reino Unido utilizó el análisis de aprendizaje para mejorar el éxito de los estudiantes y, al hacerlo transformó la práctica pedagógica. Bryant ilustra como la London School of Economics (LSE) adoptó un modelo Middle Out para la enseñanza y el aprendizaje tecnológicamente mejorados. El autor afirma que este modelo, diseñado alrededor de la experiencia del estudiante, ha hecho posible un cambio de un enfoque didáctico a un enfoque de aprendizaje experiencial. Permitir ganancias de empoderamiento de los estudiantes a través de la tecnología es importante para Peña-López, quien hace una valoración de los recursos educativos abiertos (OERs) y otras herramientas colaborativas, incluyendo las redes sociales. Los REA, argumentan, mejoran la eficacia institucional y la eficiencia, y ayudan a satisfacer las demandas de habilidades que los graduados ahora requieren para formar y conectarse a redes de conocimiento.

Las redes de conocimiento y la colaboración profesional en la Escuela de Regulación de Florencia (FSR) son perfiladas por Zorn, Sissonen y Canestrini, quienes discuten los méritos de diseño colaborativo para cursos online. Perfilar el curso de formación insignia de la FSR para profesionales que se transformó en entrega totalmente en línea, ilustra cómo el nuevo formato amplió el acceso y abrió la formación profesional a una comunidad global. Dentro de los tres años del nuevo formato de entrega, profesionales de setenta y seis países diferentes estaban participando, facilitando la formación de comunidades de prácticas para el networking, y el intercambio de ideas y mejores prácticas. Los beneficios imprevistos incluyeron la aparición de nuevos procesos para el diseño de cursos, y la inclusión de actividades multimedia y aprendizaje que fomentan el compromiso continuo entre los alumnos y los facilitadores del curso.

Birdi es un ejemplo de cambio pedagógico en la práctica al mostrar el proyecto Curriculum Open Resources in Economics (CORE). Los lectores aprenden cómo un grupo internacional de economistas colaboró para transformar un curso tradicional de economía de pregrado de un año, a un modelo participativo de aprendizaje basado en la investigación. Usando un modelo distribuido de autoría, la enseñanza se volvió a secuenciar y un enfoque de aprendizaje basado en problemas con actividades de juego de roles experienciales, fue adoptado.

La práctica colaborativa, la creación y el intercambio de conocimientos, según Zorn, Haywood y Glachant, desborda el límite entre la academia y la práctica profesional. Sostienen que con liderazgo visionario y estrategia puede ser transformadora. La relación entre el liderazgo académico, la estructura organizativa y la flexibilidad institucional es considerada por Haywood, quien ofrece cinco métricas para una transición exitosa. Haywood aboga por la identificación, planificación y la práctica de metas estratégicas, y atribuye el éxito en la implementación tecnológica de tendencias en la Universidad de Edimburgo a la flexibilidad de gobierno y liderazgo por parte de la dirección académica.

Las redes sociales son el tema que persigue Stewart, quien discute el liderazgo académico abierto y digital, y proporciona una reflexión personal sobre el uso de las redes sociales frente al desarrollo profesional. Describiendo cómo Twitter ha creado un nuevo dominio de espacio académico para conversaciones, colaboración y desarrollo de identidad profesional, Stewart afirma que los rastros digitales pueden ayudar a la construcción de reputación profesional. Además, como las redes sociales aún no están sujetas a las prácticas tradicionales de control, los investigadores de carrera temprana y los estudiantes de posgrado pueden encontrar espacio para identificarse en este dominio. Williams y Gilson examinan los blogs con apoyo institucional. Sostienen que la LSE aceptó el reto que presentan las redes sociales al establecer su propia plataforma de blogs. Utilizando este medio, insisten, proporcionan asistencia de la misión con respecto a la difusión de conocimientos y ofrecen evidencia del impacto en la investigación con fines de rendiciones de cuentas.

Bruegel, el think tank con sede en Bruselas, es perfilado por Porcaro, quien también aborda los objetivos institucionales. El mensaje clave para los lectores en este artículo es la importancia de construir narrativas alineadas con el público y el medio. Destacando que el cambio a los medios en línea no es una garantía de éxito. Porcaro explica la estrategia de comunicación de Bruegel para la difusión del conocimiento que fue informado por el objetivo identificado de la institución de influir en las orientaciones políticas. Porcaro ofrece un modelo para el logro de objetivos y el éxito que incluye el seguimiento de la recepción para garantizar el acceso a los contenidos y la facilidad de navegación, guiados por una estrategia basada en la misión, la alineación del mensaje (documentos de política, resúmenes y blogs) y operadores (You Tube, Facebook, Instagram y Snapchat), todos orientados a la audiencia.

Más debate de planificación y estrategia es examinado por Zorn, Bernardo y Canestrini, que sostienen que el prestigio institucional puede mejorarse mediante el intercambio de conocimientos y la colaboración, aprovechando nuevos formatos, incluidos transmisiones en vivo, seminarios web, podcasts, videos de YouTube y más, las instituciones pueden utilizar los nuevos medios para actualizar el conocimiento desde dentro y desde fuera. Esto garantiza el currículo en tiempo real y las actualizaciones de conocimientos de una comunidad de expertos en la materia y la academia.

El cambio en el ámbito de las TIC y otras herramientas tecnológicas está en curso. Los lectores conservadores pueden señalar la promesa y la desaparición de los MOOC y mantener que las prácticas tradicionales deben prevalecer hasta que surjan claros ganadores. Dicho esto, puede ser difícil refutar los beneficios pedagógicos de la educación superior facilitados por las TIC, como en los ejemplos.

Ya sea crítico o de apoyo, los lectores deben tener en cuenta que el principio central del mensaje en este libro es que las TIC y su aplicación a la educación superior es un campo en rápida evolución y las instituciones deben aceptar el riesgo y ser comprometidos con la voluntad de juicio, ya que al hacerlo son más propensos a transformar con éxito. Esto no debe ser ignorado, pero si bien este mensaje general puede ser seductor para aquellos dispuestos a instigar el cambio, los lectores deben tener en cuenta que el libro no menciona ningún contrargumento o debate sobre una serie de cuestiones fundamentales. Tales cuestiones omitidas incluyen el mantenimiento de la integridad académica en un mundo digital, la salvaguardia de la propiedad intelectual y las prácticas proteccionistas que amenazan el acceso a los recursos abiertos y el intercambio colaborativo, con el control de acceso a través de paywalls. Cada uno de ellos puede conducir a vulnerabilidades, y cuestiones de currículo e inseguridad del conocimiento. Los lectores también notarán que si bien el desenfoque de los roles de los docentes y profesionales es evidente en muchos de los artículos que contribuyen y se promocionan como una historia de éxito, el concepto de libertad académica en un mundo de educación superior digitalizado no se menciona.

## Normas para la presentación de trabajos

### 1. Principios de la Revista

La REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA es un órgano científico de difusión de trabajos parciales o definitivos de investigadores y/o equipos de investigación nacionales y extranjeros. Su naturaleza es multidisciplinaria e interdisciplinaria, por ello su temática se divide en tres grandes ejes: a. *ciencias sociales y arte*; b. *ciencias del agro, ingeniería y tecnología*; c. *ciencias exactas, naturales y de la salud*. Su publicación es cuatrimestral. Cada número, de los tres del año, se corresponde con uno de los tres ejes temáticos. La *Revista de la Universidad del Zulia*, por su carácter histórico y patrimonial, está adscrita a la CÁTEDRA LIBRE HISTORIA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA.

### 2. Métodos de Envío y de Evaluación de los Trabajos

Los autores interesados en publicar su trabajo en la *Revista de la Universidad del Zulia* deberán remitir tres copias del mismo sin identificación en sobre cerrado a la siguiente dirección: Avenida Guajira, Fundadesarrollo, planta baja de la Sede Rectoral de La Universidad del Zulia. Este sobre debe estar acompañado de otro, el cual contendrá el original del trabajo con la identificación del autor o autores, indicando: nombre, apellido, institución que representa (universidad, instituto, centro de investigación, fundación), correo electrónico. Así mismo en este sobre se presentará una comunicación escrita firmada por todos los autores y dirigida al Director de la Revista. En esta comunicación se manifestará el interés de los autores de proponer su trabajo para la publicación en la *Revista de la Universidad del Zulia*, previa evaluación del Comité de Arbitraje. Se agregará también a este sobre una síntesis curricular de cada autor con una extensión no mayor de diez (10) líneas. Los artículos pueden agregarse a la plataforma OJS de la revista. También se podrá presentar el trabajo dirigiéndolo al siguiente correo electrónico: [revistadeluz@gmail.com](mailto:revistadeluz@gmail.com). El currículum de los autores se enviará en archivo adjunto, distinto al que contendrá el trabajo. Los artículos propuestos para esta revista deben ser inéditos y no deben haber sido propuestos simultáneamente a otras publicaciones. Todos los trabajos serán evaluados por parte de un Comité de Árbitros-Especialistas de reconocido prestigio, seleccionado por el Comité Editorial de la Revista. La evaluación de los Árbitros se realizará mediante el procedimiento conocido como par de ciegos: los árbitros y los autores no conocerán sus identidades respectivas. Los criterios de Evaluación son los siguientes: a. Criterios formales o de presentación: 1) originalidad, pertinencia y adecuada extensión del título; 2) claridad y coherencia del discurso; 3) adecuada elaboración del resumen; 4) organización interna del texto; 5) todos los demás criterios establecidos en la presente normativa. b. Criterios de contenido: 1) dominio de conocimiento evidenciado; 2) rigurosidad científica; 3) fundamentación teórica y metodológica; 4) actualidad y relevancia de las fuentes consultadas; 5) aportes al conocimiento existente. Al recibirse la respuesta del Comité de Árbitros designado se informará a los autores por correo electrónico la decisión correspondiente; en caso de ser aceptado el trabajo deberá remitirse por correo electrónico la versión digital del mismo.

### 3. Presentación de los trabajos

Los trabajos deben presentar un resumen de 150 palabras como máximo y hasta cinco palabras claves; tanto el resumen como las palabras claves estarán en español e inglés. Igualmente el título y el subtítulo del trabajo serán presentados también en español e inglés. La extensión máxima del trabajo será de veinte (20) páginas, y diez (10) como extensión mínima (salvo excepciones plenamente justificadas). Todos los trabajos serán presentados en hoja tipo carta, impresos por una sola cara, con numeración continua y con márgenes de tres (3) centímetros a cada lado. El texto se presentará a espacio y medio, en fuente Times New Roman, tamaño 12.

### 4. Cuerpo del artículo

Se dividirá en Introducción, Desarrollo y Conclusiones (o Consideraciones Finales, según sea el caso). La introducción incluirá el propósito u objetivo general perseguido. El Desarrollo se organizará en secciones y subsecciones debidamente identificadas con subtítulos numerados completamente en arábigos de acuerdo al sistema decimal, respondiendo a una sucesión continua y utilizando un punto para separar los niveles de división. La Introducción y Conclusión están exceptuadas de esta numeración. Las fechas y horas se expresarán numéricamente. En caso de existir ilustraciones (gráficos, mapas, fotos) debe hacerse referencia a los mismos en el texto. Estas ilustraciones serán contadas dentro de la extensión máxima del artículo. Las notas explicativas o aclaratorias deben reducirse al mínimo necesario y colocarse al pie de páginas debidamente señalizadas. Los materiales complementarios se recogerán en anexos, los cuales se identificarán con una letra y un título y se colocarán después de la bibliografía. Los anexos serán contados también dentro de la extensión máxima del artículo.

### 5. Citado

El citado se realizará en el texto utilizando la modalidad autor-fecha, establecido en el *Reglamento para la presentación de trabajos en la Universidad del Zulia*, indicando, en caso de ser cita textual, apellido(s) del autor, seguido de coma, año de publicación de la obra, seguido de dos puntos y el (los) número(s) de la(s) página(s), por ejemplo: de acuerdo a Rincón (1998: 45) o (Rincón, 1998: 45); si no es cita textual sino una paráfrasis no se indicará el número de página, ejemplo: de acuerdo a Rincón (1998) o (Rincón, 1998). Si hay varias obras del mismo autor publicadas en el mismo año, se ordenarán literalmente en orden alfabético; por ejemplo, (Rincón, 2008a: 12), (Rincón, 2008b: 24). Si son dos autores, se colocarán solamente el primer apellido de cada uno, por ejemplo: Según Morales y Fleires (2008: 90) o (Morales y Fleires, 2008: 90), siguiendo el mismo criterio explicado anteriormente para las citas textuales y las paráfrasis. En caso de ser tres autores o más se colocará el apellido del autor principal seguido de “et al”, ejemplo: (Rincón *et al.*, 2008: 45). Deben evitarse, en lo posible, citas de trabajos no publicados o en imprenta, también referencias a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada, a no ser que sea estrictamente necesario. En caso de fuentes documentales, electrónicas u otras que por su naturaleza resulten inviables o complejas para la adopción del citado autor-fecha, sugerido en estas normas, puede recurrirse u optarse por el citado al pie de página.

### 6. Referencias bibliográficas

Las referencias (bibliográficas, hemerográficas, orales y/o documentales) se presentarán al final del texto, según lo establecido en el *Reglamento para la presentación de trabajos en la Universidad del Zulia*. El orden de las referencias es alfabético por apellido. Las diferentes obras de un mismo autor se organizarán cronológicamente, en orden ascendente, y si son dos obras o más de un mismo autor y año, se mantendrá el estricto orden alfabético por título.

Fecha de evaluación \_\_\_\_\_

## Instrumento de Evaluación del Árbitro

### I.- Criterios formales o de presentación

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE OBSERVACIONES
Originalidad, pertinencia y adecuada					
Extensión del título					
Claridad y coherencia del discurso					
Adecuada elaboración del resumen					
Contiene abstract y palabras clave					
Objetivo, metodología y resultados.					
Organización interna del texto					

### II. - Criterios de contenido

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE OBSERVACIONES
Dominio de conocimiento evidenciado					
Rigurosidad científica					
Fundamentación teórica y metodológica					
Actualidad y relevancia de las fuentes consultadas					
Aportes al conocimiento existente					

### III. - Sugerencia de publicación

De acuerdo a la información obtenida usted recomendaría (favor marcar con una X):

Publicar sin modificaciones: \_\_\_\_\_      Publicar con ligeras modificaciones \_\_\_\_\_  
Publicar con modificaciones sustanciales \_\_\_\_\_      No publicar \_\_\_\_\_

Fundamentación de la decisión:



REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA  
FUNDADA EN 1947

PATRIMONIO DE LA  
**UNIVERSIDAD DEL ZULIA**  
FUNDADA EN 1891  
MARACAIBO-VENEZUELA

Enero de 2021

## Contenido

4-6 Jorge J. Villasmil Espinoza, *Implicaciones de la inteligencia artificial para la humanidad // Implications of artificial intelligence for humanity*; 7-23 Carlos Alberto Contreras Verteramo et al, *Variación estacional de testosterona fecal y desarrollo de astas en una subespecie tropical de venado cola blanca (Odocoileus virginianus) de la región Huasteca, México // Seasonal changes of fecal testosterone and antler development in a tropical white-tailed deer (Odocoileus virginianus) subspecies of the Huasteca region, Mexico*; 24-34 Sergej V. Votrin et al, *Efficiency of the use of perfluorocarbon gas transport drugs for various forms of anemia in animals // Eficiencia del uso de fármacos en el transporte de gas perfluorocarbonado para diversas formas de anemia en animales*; 35-53 Héctor Acacio Zerpa Ramírez et al, *Modelo conceptual de productividad agrícola rural // Conceptual model of rural agricultural productivity*; 54-69 Arnaldo Vergara-Romero et al, *La soberanía alimentaria en el desarrollo local // Food sovereignty in local development*; 70-86 Gamlet Y. Ostaev et al, *Development of a methodology for determining the financial security of rural areas // Desarrollo de una metodología para determinar la seguridad financiera de las zonas rurales*; 87-101 Danil Alekseevich Zyukin et al, *Directions and prospects for expanding the export of russian wheat // Directrices y perspectivas para expandir la exportación de trigo ruso*; 102-113 A.L. Silaev, E.V. et al, *Possibility of using technogenically polluted floodplain landscapes // Posibilidad de utilizar llanuras aluviales contaminadas tecnológicamente*; 114-126 Diego Alejandro Pulache Celi et al, *Atributos de penetración de calor en langostinos procesados térmicamente en envases de vidrio // Heat penetration attributes in thermally processed prawns in glass containers*; 127-138 Igor A. Murog et al, *Simulation of thermal processes on the electrode of a miniature protective spark gap // Simulación de procesos térmicos en el electrodo de una brecha de chispa protectora en miniatura*; 139-158 Eli Morales Rojas et al, *Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en los lagos de Tunants y Yahuahua, en la región Amazonas, Perú // Physical-chemical and microbiological water quality in two lakes of Tunants and Yahuahua, in the Amazon region, Peru*; 159-174 Andreína Fernández Álvarez et al, *Medición de los niveles de ruido ambiental en la Parroquia Juana de Ávila de la ciudad de Maracaibo, Venezuela // Measurement of ambient noise levels in Juana Avila Parish, Maracaibo-Venezuela*; 175-189 Carmen Elvira Rosas-Prado et al, *Manejo integral de los residuos sólidos para mejorar la salud pública del distrito José Leonardo Ortiz, Chiclayo, 2019 // Comprehensive management of solid waste to improve public health in the José Leonardo Ortiz district, Chiclayo, 2019*; 190-206 John Eduardo Valle de la Cruz et al, *Condiciones de optimización del desgaste de neumáticos radiales para buses de transporte // Radial tire wear optimization conditions for transport buses*; 207-239 Edson Pacheco Paladini et al, *Quality improvement of energy management: an analysis of industries in a developing country // Mejora en la calidad de la administración de energía: un análisis de las industrias en un país en desarrollo*; 240-260 Cesar Arturo Niño Carmonal et al, *Red neuronal convolucional usando VHDL para entrenar un clasificador de objetos en una imagen // Convolutional neural network using VHDL to train an object classifier on an image*; 261-283 Isaída Flores Berenguer et al, *Evaluación de la estabilidad de taludes en presas de tierra empleando Redes Neuronales Artificiales // Evaluation of slope stability in earth dams using Artificial Neural Networks*; 284-316 Vicente Tirado-Kulieva et al, *Análisis crítico del potencial del plasma frío como tecnología no destructiva en el procesamiento alimentario: situación actual y tendencias futuras // Critical analysis of the potential of cold plasma as a non-destructive technology in food processing: current situation and future trends*; 317-329 Gelver Silva Valqui et al, *Influencia de sustratos en el crecimiento y desarrollo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) cultivado bajo un sistema hidropónico en invernadero // Influence of substrates on the growth and development of tomato (Lycopersicon esculentum Mill) grown under a hydroponic system in a greenhouse*; 330-343 Eder Nicanor Figueroa Piscocoya et al, *Modelo de calidad para plataformas e-learning basado en normas ISO/IEC 25000 // Quality model for E-learning platforms based on ISO/IEC 25000 standards*; 344-357 Gilberto Carrión-Barco et al, *Modelo de seguridad informática para un medio de conexión pública // Computer security model for a public connection medium*; 358-373 Cesar Arturo Niño Carmonal et al, *Evaluación del rendimiento de las arquitecturas de hardware HPS y HPS+FPGA para un sistema de procesamiento de imágenes // Performance evaluation of HPS and HPS+FPGA hardware architectures for an image processing system*; 374-399 Oscar Mauricio Romero Hidalgo et al, *Modelos gerenciales en las medianas empresas de Ecuador y Perú // Management models in medium-sized enterprises in Ecuador and Peru*; 400-413 Daniel Rubén Tacca Huamán, *Desarrollo de habilidades investigativas desde la experiencia de los estudiantes de Ingeniería // Development of research skills from the experience of Engineering students*; 414-443 Mohammad Bagher Arayesh et al, *Thematic analysis on a model of implementation of open and technological banking in commercial banks in Iran // Análisis temático sobre un modelo de implementación de banca abierta y tecnológica en bancos comerciales de Irán*; 444-459 Oksana Myronets et al, *Legal technologies as instruments of civil aviation safety improvement in conditions of the fight against COVID-2019 // Tecnologías legales como instrumentos para la mejora de la seguridad de la aviación civil en las condiciones de la lucha contra COVID-2019*; 460-485 Viktoriia Holubieva et al, *International experience on the improvement of national management technology and legal regulation of public contracts // Experiencia internacional en la mejora de la tecnología de gestión nacional y regulación legal de la contratación pública*; 486-499 Hanna O. Prymachenko et al, *The organization technology of Ukrainian logistic operators' work on an e-commerce basis // La tecnología de organización del trabajo de los operadores logísticos ucranianos sobre la base del comercio electrónico*; 500-520 Natalia Bobrova et al, *The issue of the information technology and technical terminology translatability from English into Russian: the typology and the nominative density levels // La cuestión de la traducción de la terminología técnica y la tecnología de la información del inglés al ruso: la tipología y los niveles de densidad nominativa*; 521-524 Roberto Carlos Dávila Morán, RESEÑA: Annika Zorn, Jeff Haywood and Jean Claude Glachant (2018). Higher Education in the Digital Age. Edward Elgar Publishing.