

Contenido

9 Reyber Parra Contreras
Presentación

11 Sedolfo Carrasquero, Elsy Suarez, Yoselin López, Julio César Marín, Altamira Díaz
Uso de amargos de salmuera como coagulante en el tratamiento terciario de efluentes cárnicos
///
Use of brine bitters as a coagulant in the tertiary treatment of meat effluents

28 Jaime Rodríguez, Otoniel Corzo, Jesús Córdova, Alirio Wolff
Transferencia de masa y aceptabilidad sensorial en el desalado de la carne de bagre (arius sp.)
///
Mass transfer and sensory acceptability during desalting of catfish meat (arius sp.)

41 Andreina Fernández, Julio César Marín, Ángel Corona, Janett Flores, Ivangellys González,
Renny Perozo
Evolución en la morfología de la laguna Las Peonías: 1979-2016 ///
Evolution of the morphology of Las Peonías lagoon: 1979-2016

60 Karina De Sousa Molina, María Fuentes
Comportamiento de la lesión intraepitelial de bajo grado en pacientes en edad fértil ///
Behavior of low-grade intraepithelial lesions in fertile age patients

73 Eudomaro José Colmenares, Alfredo José López
Pseudoaneurisma de arteria femoral gigante. A propósito de un caso ///
A case of a gigantic femoral artery pseudoaneurysm

83
Memoria Histórica
50 aniversario del primer trasplante exitoso de riñón en Venezuela

85
Normas para la presentación de trabajos



Año 8 N° 21

Mayo - Agosto 2017

Revista de la Universidad del Zulia

Revista de la Universidad del Zulia



Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada

Ciencias Exactas, Naturales y de la Salud

70
ANIVERSARIO

Año 8 N° 21
Mayo - Agosto 2017
Tercera Época
Maracaibo - Venezuela

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD
DEL ZULIA
Tercera Época
**Ciencias Exactas,
Naturales y de la Salud**

Año 8 N° 21 Mayo-Agosto 2017

Fundada en 1947 por el Dr. Jesús Enrique Lossada
Adscrita a la Cátedra Libre HISTORIA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA



Gobernación
Bolivariana
del **Zulia**

¡El Zulia Nombre y
Luz de Venezuela!

PUBLICACIÓN AUSPICIADA
POR LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA
Y LA GOBERNACIÓN BOLIVARIANA DEL ESTADO ZULIA

Esta revista fue impresa en papel alcalino.

*This publication was printed on acid-free paper that meets
the minimum requirements of the American National Standard for
Information Sciences-Permanence for Paper for
Printed Library Materials, ANSI Z39.48-1984*

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

**REVENCYT
REVICYHLUZ
LATINDEX
CLASE
PERIÓDICA
Issuu:
[http://Issuu.com/
revistadelauniversidaddelzulia](http://Issuu.com/revistadelauniversidaddelzulia)**

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA

© 2017. Universidad del Zulia

ISSN 0041-8811

Depósito legal pp 76-654

Depósito legal ppi 201502ZU4666

Portada:

Concepto gráfico: Laura González

Diagramación: Diannella Castellano

Montaje y Diagramación de la revista:

Diannella Castellano

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA.
Calle 67 (prolongación Cecilio Acosta) con Av. 16 (Guajira).
Nueva sede rectoral de la Universidad del Zulia. Edificio Fundadesarrollo.
Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Teléfono/Fax: 58-261-7831611.
Correos electrónicos: revistauniversidaddelzulia@gmail.com, revistadeluz@gmail.com

Revista de la Universidad del Zulia

Tercera Época

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. ciencia sociales y artes; 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

Coordinador

Reyber Antonio Parra Contreras

Comité Editorial

Imelda Rincón (LUZ)
Reyber Parra (LUZ)
Teresita Álvarez (LUZ)
Jesús Medina (LUZ)
José Lárez (UNERMB)
Marielis Villalobos (LUZ)

Colaboradora

Liliana Gutiérrez

Comité Asesor

Nelson Márquez (LUZ)
Judith Aular (LUZ)
Rutilio Ortega (LUZ)
Tahís Ferrer (LUZ)
Alí López (ULA)
Antonio Castejón (LUZ)
Ana Judith Paredes (LUZ)
María Dolores Fuentes Bajo
(Universidad de Cádiz, España)
Néstor Queipo (LUZ)
Ana Irene Méndez (LUZ)
Mayela Vílchez (LUZ)
Modesto Graterol (LUZ)
Mario Ayala (UBA Argentina)
Tomás Fontaines (UDO)
Enrique Pastor Seller
(Universidad de Murcia, España)
Lourdes Molero (LUZ)

Traducción

Eugenia Di Bella



Autoridades

Jorge PALENCIA
Rector

Judith AULAR DE DURÁN
Vice-Rectora Académica

Jesús SALOM
Vice-Rector Administrativo

Marlene PRIMERA
Secretaria

Imelda Rincón Finol
*Coordinadora de la Cátedra Libre Historia de la
Universidad del Zulia*

Contenido

9 Reyber Parra Contreras
Presentación

11 Sedolfo Carrasquero, Elsy Suarez, Yoselin López, Julio César Marín, Altamira Díaz

Uso de amargos de salmuera como coagulante en el tratamiento terciario de efluentes cárnicos ///
Use of brine bitters as a coagulant in the tertiary treatment of meat effluents

28 Jaime Rodríguez, Otoniel Corzo, Jesús Córdova, Alirio Wolff
Transferencia de masa y aceptabilidad sensorial en el desalado de la carne de bagre (*arius sp.*) ///
Mass transfer and sensory acceptability during desalting of catfish meat (arius sp.)

41 Andreina Fernández, Julio César Marín, Ángel Corona, Janett Flores, Ivangellys González, Renny Perozo
Evolución en la morfología de la laguna Las Peonías: 1979-2016 ///
Evolution of the morphology of Las Peonías lagoon: 1979-2016

60 Karina De Sousa Molina, María Fuentes

Comportamiento de la lesión intraepitelial de bajo grado en pacientes en edad fértil ///
Behavior of low-grade intraepithelial lesions in fertile age patients

73 Eudomaro José Colmenares, Alfredo José López
Pseudoaneurisma de arteria femoral gigante. A propósito de un caso ///
A case of a gigantic femoral artery pseudoaneurysm

83

Memoria Histórica
50 aniversario del primer trasplante exitoso de riñón en Venezuela

85

Normas para la presentación de trabajos

Presentación

70 aniversario de la *Revista de la Universidad del Zulia*

Arribamos al 70 aniversario de la *Revista de la Universidad del Zulia*. El 31 de mayo de 1947 apareció el primer número de esta publicación periódica, producto del criterio acertado del Dr. Jesús Enrique Lossada –Rector de la Universidad del Zulia entre 1946 y 1947- quien previó la necesidad de vincular al Zulia y a su Universidad con la creación y difusión del conocimiento científico.

A partir del año 2010 la *Revista de la Universidad del Zulia* reaparece, luego de recorrer dos fructíferas etapas: 1947-1952 y 1958-1977. Hoy renovamos el compromiso de sostener en el tiempo esta publicación, emblema de una universidad que se mantiene en pie a pesar de la crisis cíclica y estructural de Venezuela.

En esta oportunidad presentamos el número 21, correspondiente al cuatrimestre mayo-agosto 2017. A continuación se indica el objetivo de cada artículo:

Un equipo de investigación del Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (DISA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia, encabezado por el profesor Sedolfo Carrasquero, se planteó “evaluar la efectividad de un tratamiento fisicoquímico terciario utilizando como coagulantes amargos salmuera y cloruro férrico en efluentes de matadero de reses tratados biológicamente”.

Jaime Rodríguez, Otoniel Corzo, Jesús Córdova y Alirio Wolff, investigadores del Programa de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, determinaron la aplicabilidad del modelo de Peleg para describir los cambios en el contenido de sal y agua en el desalado de carne de bagre, y a su vez calcularon estos contenidos en el punto de equilibrio del proceso; también estudiaron los coeficientes de difusión de sal y agua durante el desalado y la aceptación sensorial de la carne obtenida a diferentes tiempos del desalado.

Por su parte, Andreina Fernández -junto con destacados profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia-, describen la evolución en la morfología en la laguna Las Peonías (municipios Mara y Maracaibo del

estado Zulia), mediante mediciones de campo y datos históricos referenciales para el periodo 1979-2016, con la finalidad de establecer las características físicas actuales de su cuenca.

En el campo de la Medicina, Karina De Sousa Molina y María Fuentes describen la evolución espontánea de las lesiones intraepiteliales de bajo grado en pacientes en edad fértil, bajo seguimiento cito-colposcópico e histológico, a partir de una muestra de 30 pacientes con lesiones intraepiteliales de bajo grado evaluadas con citología.

A su vez, Eudomaro José Colmenares y Alfredo José López presentan un caso de pseudoaneurisma femoral gigante de arteria femoral superficial, complicado con isquemia de la extremidad izquierda. Se destaca, en este trabajo, la importancia de la cirugía como variante terapéutica para este tipo de casos.

Finalmente, la *Revista de la Universidad del Zulia*, rinde homenaje al equipo médico y su personal auxiliar (coordinados por el Dr. Bernardo Rodríguez Iturbe), que en 1967 llevaron a cabo en forma exitosa el primer trasplante de riñón en Venezuela. Para ello, reproducimos la nota de prensa del diario *Panorama*, de fecha 30 de agosto de 1967, en la cual se informó de aquel acontecimiento.

Reyber Parra Contreras

Coordinador

Uso de amargos de salmuera como coagulante en el tratamiento terciario de efluentes cárnicos

*Sedolfo Carrasquero**

Elsy Suarez

Yoselin López

Julio César Marín

Altamira Díaz

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia de un tratamiento terciario en efluentes cárnicos provenientes de un tratamiento biológico. El tratamiento terciario consistió en la coagulación, floculación y sedimentación de los contaminantes utilizando amargos de salmuera y cloruro férrico como coagulantes. El tratamiento se llevó a cabo mediante el uso de la prueba de jarra, a través de corridas exploratorias con dosis que oscilaron entre 0,2 y 5 mg/L. El pH óptimo de coagulación de los amargos de salmuera fue de 9 unidades, debido a que este valor se obtuvo la mayor eficiencia de remoción de los parámetros: color, turbidez y DQO. El rango evaluado de dosis de amargos de salmuera permitió obtener remociones de 89,5%

de turbidez, 77,4% de color real, 94,1% de DQO y 76,2% de NT para valores iniciales de 23,7 NTU, 885 UC, 1211,7 mg DQO/L y 152 mg NT/L, utilizando como dosis óptima de coagulante 1,6 g/L.

PALABRAS CLAVE: amargos de salmuera; coagulación-floculación; efluentes cárnicos.

Use of brine bitters as a coagulant in the tertiary treatment of meat effluents

ABSTRACT

The efficiency of a tertiary treatment in meat effluents from a biological treatment was evaluated. The tertiary treatment consisted in the coagulation, flocculation and sedimentation of the pollutants using brine bitter and ferric chloride as coagulants. The treatment was carried out by using the jar test, through exploratory runs with doses ranging between 0.2 and 5 mg/L. The ideal pH of coagulation of the bitter brines was 9 units, due to the fact that this value obtained the major efficiency of removal of the parameters: color, turbidity and COD. The evaluated dose range of bitter of brine allowed to obtain removals of 89,5% of turbidity, 77,4% of real color, 94,1% of COD and 76,2 % of TN for initial values of 23,7 NUT, 885 CU, 1211,7 mg COD/L and 152 mg TN/L, using as ideal dose of coagulant 1,6 g/L.

KEYWORDS: bitter brines; coagulation-flocculation; slaughterhouse wastewater.

Introducción

Los efluentes provenientes de la matanza de reses son una fuente de contaminación de materia orgánica, nitrógeno, grasas, sólidos totales y coliformes fecales, provenientes de las heces, orina, sangre, residuos cárnicos y alimentos no digeridos por los intestinos de los animales sacrificados (Carrasquero *et al.*, 2014; Maldonado y Ramón, 2006). Para remover las altas cargas orgánicas que poseen estas aguas residuales, se han ensayado con éxito diferentes tipos de tratamientos fisicoquímicos y biológicos, aeróbicos y anaeróbicos (Carrasquero *et al.*, 2015; Amuda y Alade, 2006; Massé y Masse, 2000).

Entre los procesos fisicoquímicos que se han empleado comúnmente están la flotación por aire disuelto para la remoción de sólidos suspendidos y grasas, y la coagulación - floculación para remover sólidos suspendidos y coloidales. También han sido utilizados los procesos electroquímicos, adsorción con carbón activado y oxidación intensiva (Morales *et al.*, 2009).

La coagulación-floculación es el método más ampliamente usado para remover sustancias que producen turbidez en el agua, estas sustancias generalmente consisten en minerales de arcilla y materia orgánica de diferentes tamaños (Song *et al.*, 2004). En especial, la coagulación-floculación se utiliza como postratamiento en efluentes industriales que han sido tratados biológicamente para remover el contenido de materia orgánica inerte o refractaria que no puede ser eliminada por acción microbiana (Pire, 2012).

Dentro de los coagulantes químicos que se utilizan generalmente en el tratamiento de efluentes se tienen las sales de aluminio y las de hierro, así como otros de origen orgánico, que normalmente son combinados con polímeros para facilitar el proceso de remoción de contaminantes.

Los coagulantes químicos comerciales como el sulfato de aluminio y el cloruro férrico, han sido usados con gran éxito para el tratamiento de aguas residuales industriales, produciendo aguas más clarificadas y reduciendo significativamente el contenido de DQO inerte y de sólidos suspendidos (Song *et al.*, 2004).

Por otro lado, la salmuera concentrada generada como subproducto en el proceso de producción de sal por evaporación solar, constituye una sustancia de toxicidad comprobada para la biota de los ecosistemas naturales. Disposiciones emanadas por la agencia norteamericana del medio ambiente (EPA) señalan que los desechos de salmuera de la industria salinera deben ser altamente diluidos para mantener el 100% de sobrevivencia de peces en los ecosistemas acuáticos (Hinestroza, 2000).

Los amargos están constituidos por sales de magnesio. Si se añaden cantidades pequeñas de salmuera concentrada al agua residual, se suministrarán las cantidades requeridas de iones de magnesio para cargar la mezcla y realizar el proceso de coagulación-floculación con el resto de los constituyentes del agua residual (Aoyub *et al.*, 1999).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad de un tratamiento fisicoquímico terciario utilizando como coagulantes amargos salmuera y cloruro férrico en efluentes de matadero de reses tratados biológicamente.

1. Materiales y métodos

1.1. Toma de muestra del agua residual

El estudio se llevó a cabo utilizando agua residual producida por las actividades llevadas a cabo en un matadero de reses (*Bos taurus*) ubicado en el Estado Zulia, Venezuela, la cual fue sometida a un proceso biológico en un reactor por carga secuencial (SBR) donde se ha removido la mayor parte de los componentes biodegradables y cierta cantidad de los no biodegradables particulados.

La recolección del efluente se realizó de acuerdo a los patrones establecidos en el Método Estándar, usando el método 1060 Recolección de muestras y preservación (APHA *et al.*, 2005). La captación del agua residual se realizó de manera manual a través de un muestreo aleatorio simple, tomando las aguas residuales a la salida del reactor por carga secuencial en recipientes de polietileno de alta densidad con capacidad de 20 L, de color oscuro y limpios, para preserválas a una temperatura de 4 °C, con el fin de garantizar sus características iniciales.

1.2. Caracterización del agua residual

Se realizó la determinación de los parámetros fisicoquímicos: Color real (2120 B), pH (4500-H+ B), turbidez (2130 B), alcalinidad total (2320 B), DQOT (5220-C), NTK (4500-Norg-B), N-NO₂- (4500-NO₂--B), N-NO₃- (4500-NO₃--D), NT (4500-Norg-B), PT (4500-P-C), cloruros (4500-Cl--B), siguiendo los procedimientos establecidos en el método estándar para el análisis de aguas y líquidos residuales (APHA *et al.*, 2005).

1.3. Montaje y operación del tratamiento físico-químico

El tratamiento físico-químico empleado fue coagulación-floculación para tratar el efluente del matadero de reses proveniente del proceso biológico. Se trabajó a escala de laboratorio con la prueba de jarras (Phipps y Bird Inc, Modelo No. 300), con un mezclado rápido a 100 revoluciones por minuto (rpm) durante cinco minutos, luego una mezcla lenta a 30 rpm durante 20 minutos y se finalizó el proceso con la fase de sedimentación, en la cual se dejó el agua en reposo durante un lapso de 30 minutos (Mattei *et al.*, 2005; Koohestanian *et al.*, 2008). Después del período de sedimentación, se procedió a captar una muestra del sobrenadante en un punto situado aproximadamente 2 cm por debajo de la parte superior del nivel de líquido de cada vaso de precipitado para la medición de los parámetros fisicoquímicos.

La fase experimental, se llevó a cabo en dos etapas, en la primera etapa se utilizaron los amargos de salmuera, y en la segunda etapa, el coagulante químico tradicional cloruro férrico.

1.4. Tratamiento con amargos de salmuera

Las muestras de salmuera concentrada (amargos) fueron recolectadas en una empresa productora de sal en diferentes puntos de un concentrador. Previo a realizar las corridas exploratorias con los amargos de salmuera, se determinó el pH óptimo de coagulación; para ello, se realizaron pruebas de jarra a valores de pH de 3, 7, 9, 10 y 12 unidades, con una dosis fija de solución coagulante de 1 g/L, aplicado desde una solución madre de amargos de salmuera de 50 g/L. El pH en las pruebas de jarra fue ajustado usando hidróxido de sodio 6 N o ácido sulfúrico 1 N.

Al pH óptimo de coagulación se realizó la determinación de la dosis óptima del coagulante, para ello la solución de amargos de salmuera se dosificó en un rango de 0,2 a 5 g/L. Cabe destacar que la solución madre a partir de la cual fueron agregadas las dosis fue 50 g/L.

Los parámetros de control determinados después del proceso de coagulación fueron: DQO, turbidez, color y pH. En función a estos resultados, se determinó el resto de las variables fisicoquímicas: NTK, NO_x^- , Cl^- , ST, SST, y alcalinidad total.

Para la selección de la dosis óptima de la solución coagulante se utilizaron los siguientes criterios: Porcentaje de remoción de turbidez, color y DQO, pH del efluente tratado, cantidad mínima de dosis a usar y verificación de remoción de NT, NO_x^- y sólidos suspendidos totales.

1.5. Tratamiento con cloruro férrico

El cloruro férrico (Riedel-de Haën) se dosificó en un rango de concentraciones entre 0,6 - 4 g/L (Mazumder y Mukherjee, 2011) y las pruebas de coagulación se realizaron a un pH de 9 unidades. (Arboleda, 2000). El pH en las pruebas de jarra fue ajustado usando hidróxido de sodio 6 N. La solución madre a partir de la cual fueron agregadas las dosis fue 10 g/L. Para la selección de la dosis óptima se utilizaron los criterios mencionados en el apartado anterior.

1.6. Diseño experimental

El experimento se condujo mediante un diseño completamente al azar, con un total de dos tratamientos (amargos de salmuera y cloruro férrico) con tres repeticiones cada uno, donde se seleccionó el más eficiente. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos medidos se expresaron utilizando estadística descriptiva, señalando los valores de tendencia central (media) y su dispersión (desviación estándar). Los resultados de las remociones de las variables: color real, turbidez, DQO, NTK, NT, NO_x⁻ (NO₂⁻ + NO₃⁻) se compararon mediante un análisis de varianza y separación de medias a través de la prueba de Tukey, utilizando el programa estadístico Statistix versión 9.0.

2. Resultados y discusión

2.1. Caracterización del agua superficial

La caracterización fisicoquímica del efluente proveniente del matadero de reses tratado biológicamente se presenta en la Tabla 1, donde se reportan los valores medios y su dispersión expresada a través de la desviación estándar (DE), así como se indican los límites establecidos por la norma venezolana para la descarga a los cuerpos de agua (Gaceta Oficial, 1995).

El efluente del matadero de reses proveniente de un tratamiento biológico se caracterizó por presentar un contenido promedio de materia orgánica medida como DQO_T de 1211,7 mg/L. El valor obtenido para la DQO puede atribuirse al hecho de que las aguas residuales provenientes de la agroindustria se caracterizan por poseer elevadas concentraciones de DQO, en la que la fracción biodegradable oscila entre 79 y 83 % de la DQO total, siendo el resto no biodegradable o correspondiente con la fracción recalcitrante (Orhon *et al.*, 1999). Cabe mencionar, que este efluente proviene de un proceso biológico que sólo se encarga a través de la acción de los microorganismos de remover la parte biodegradable de la materia orgánica presente en el agua residual, por lo que dentro del valor obtenido en la caracterización correspondiente a 1217,00 mg DQO/L, el mayor porcentaje corresponde con el material recalcitrante que no pudo ser removido por vía biológico.

TABLA 1. Caracterización del agua residual proveniente del tratamiento biológico

Parámetro	Unidad de expresión	Valor (media ± DE)	Límites Permisibles
DQO _T	mg/L	1211,7 ± 78,9	350
NTK	mg/L	137,9 ± 13,0	-
NO ₂ ⁻	mg/L	0,06 ± 0,04	NO _x ⁻ = 10
NO ₃ ⁻	mg/L	15,25 ± 3,2	NO _x ⁻ = 10
NT	mg/L	153,21 ± 16,25	40
pH	-	7,70 ± 0,84	6 a 9
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	643,8 ± 362,4	-
Fosforo total	mg/L	8,6 ± 1,1	10
Color real	UC Pt-Co	885 ± 147	500
Turbidez	UNT	23,7 ± 1,55	-
Cloruros	mg/L	1770 ± 499	1000

n ≥ 5; n: número de mediciones realizadas, DE: desviación estándar. NO_x⁻ = NO₂⁻ + NO₃⁻

Investigadores como Özkan *et al.* (2010) han aplicado con éxito tratamiento fisicoquímico en efluentes industriales provenientes de una planta esterilizadora de desechos médicos, con concentraciones promedio de materia orgánica recalcitrante de 855 mg/L.

Con respecto a las formas de nitrógeno, se observa que el efluente presentó una concentración promedio de nitrógeno total de 153,21 mg/L, superando el valor de 40 mg/L establecido como límite máximo permitido por la normativa venezolana. El efluente proviene de un proceso biológico, donde ocurre la nitrificación y desnitrificación, removiéndose en mayor proporción la fracción correspondiente a nitritos, nitratos y nitrógeno amoniacal, de manera que el nitrógeno restante corresponde con la fracción inerte y soluble no biodegradable que no se pudo amonificar en procesos biológicos y por lo tanto se desea remover con el tratamiento físico-químico (Cegarra, 2011).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización del agua residual se observó que los valores de pH cumplieron con lo establecido en la normativa venezolana que exige un valor de pH comprendido en el rango de 6 a 9 unidades. Con respecto a la alcalinidad total, el efluente industrial presentó un valor promedio de 643,75 mg/L CaCO₃. Dicho valor se encuentra por encima del valor reportado por Bhuptawat *et al.* (2007)

quienes reportaron un valor promedio de alcalinidad de 215 mg/L CaCO_3 para aplicar con éxito el tratamiento de aguas residuales por coagulación-floculación.

La concentración promedio de fósforo total fue de 8,6 mg/L, valor que cumplió con lo establecido en la normativa venezolana para descarga en cuerpos de aguas. Dicho valor es mayor al reportado por Bhuptawat *et al.* (2007), quienes obtuvieron una concentración promedio de fósforo de 3,06 mg/L.

Con respecto a los parámetros físicos color y turbidez, el valor promedio obtenido de color real fue de 885 UC y de turbidez 23,7 NTU. Los valores de turbidez obtenidos para el efluente del reactor biológico fueron menores a los reportados por otros autores que aplicaron tratamiento fisicoquímico en efluentes industriales como Shabe *et al.* (2011), quienes obtuvieron un valor promedio de turbidez de 235 NTU durante el tratamiento de aguas de pulpa de papel, y por Banuraman *et al.* (2013), quienes reportaron 207,1 NTU durante el tratamiento de efluentes de tenerías. Se infiere que las diferencias obtenidas pueden deberse al hecho de que el efluente proviene de un tratamiento biológico en un reactor por carga secuencial, que incluye una fase final de sedimentación que permite la clarificación del agua, y la disminución de material suspendido que origina turbidez.

Por otra parte, se obtuvo una concentración promedio de cloruros igual a 1770 mg/L, lo cual supera los 1000 mg/L establecidos en la norma venezolana para descarga en cuerpos de agua (Gaceta oficial, 1995). Este valor puede deberse a que durante los procesos de estabulación y aturcido, los animales producen una gran cantidad de orina, que conlleva una contaminación del agua con compuestos nitrogenados y sales como los cloruros. Estos cloruros no son eliminados durante el proceso de tratamiento biológico y quedan presentes en el efluente tratado.

La caracterización fisicoquímica del efluente del matadero de reses tratado biológicamente mostró que los parámetros que los valores de DQO_T , NT, NO_x^- , color real y cloruros se encontraron fuera de los límites establecidos por la normativa venezolana para descarga en cuerpos de agua (Gaceta oficial, 1995), por lo que se requiere aplicar un tratamiento terciario que permita generar un efluente que cumpla con los límites exigidos por la normativa ambiental vigente.

2.2. Tratamiento con amargos de salmuera

2.2.1. Efecto del pH sobre la eficiencia del tratamiento fisicoquímico en la remoción de color, turbidez y DQO_T

Los resultados obtenidos muestran que los menores valores de DQO se obtuvieron a un pH de 12 unidades (104 mg/L), seguido de las pruebas que se

realizaron a un pH de 9 unidades (144 mg/L), mientras que los tratamientos a pH de 3 y 7 unidades fueron los menos eficientes, ya que generaron un efluente que no cumple con lo establecido en la normativa venezolana para descargas a cuerpos de aguas (Gaceta oficial, 1995).

Los menores valores de color real se obtuvieron cuando los tratamientos se realizaron a pH alcalinos (9 - 12 unidades), obteniendo un valor residual de color después del tratamiento de 200 UC, lo que presenta una remoción de 77%. Con respecto a la turbidez residual, se observó que los menores valores se obtuvieron para los tratamientos que se realizaron a pH alcalinos. El pH que permitió el menor valor de turbidez (2,37 UNT) y el máximo porcentaje de remoción de turbidez (90%) en el agua residual durante esta fase fue de 10 unidades.

TABLA 2. Efecto del pH sobre la eficiencia del tratamiento fisicoquímico en la remoción de color, turbidez y DQO_T.

pH	Color (UC)	% Remoción de color	Turbidez (UNT)	% Remoción de turbidez	DQO _T (mg/L)	% Remoción de DQO
3	400 ± 15	60,6 ^b ± 1,7	5,36 ± 1,45	77,4 ^c ± 6,1	400 ± 75	63,5 ^c ± 6,2
7	400 ± 10	60,6 ^b ± 1,1	9,45 ± 2,3	60,1 ^d ± 5,7	576 ± 62	49,8 ^d ± 5,1
9	200 ± 20	77,4 ^a ± 2,3	3,5 ± 1,0	85,2 ^{a,b} ± 4,2	144 ± 24	83,5 ^a ± 2,0
10	200 ± 20	77,4 ^a ± 2,3	2,37 ± 0,5	90,0 ^a ± 1,9	244 ± 57	75,7 ^b ± 4,7
12	200 ± 20	77,4 ^a ± 2,3	3,99 ± 1,2	83,2 ^b ± 5,0	104 ± 67	86,6 ^a ± 5,5

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) ± desviación estándar (3 repeticiones)

De acuerdo a los resultados obtenidos para las concentraciones de DQO y los valores de color y turbidez al final del tratamiento fisicoquímico, se decidió que el rango de pH óptimo de coagulación para utilizar los amargos de salmuera como coagulante fue entre 9 y 12 unidades, seleccionando 9 unidades como pH ideal, ya que garantiza la mayor eficiencia de remoción en forma conjunta de estos parámetros y además implica menor gasto de alcalinizante al momento de realizar los tratamientos a escala industrial. Esto coincide con lo señalado por diversos investigadores quienes lograron los mejores rendimientos de un tratamiento fisicoquímico cuando la coagulación-floculación la realizaron a pH alcalino (Song et al., 2004.; Ryu et al., 2006)

2.2.2. Tratamiento del efluente con amargo de salmuera

En la Figura 1 se presentan los valores residuales de color y turbidez; así como los porcentajes de remoción para cada una de las dosis aplicadas (0,2 - 5 g/L). Se observó una disminución progresiva desde 500 hasta 200 UC a

medida que se aumentó la dosis de amargos de salmuera; sin embargo, a partir de una dosis de 1,6 g/L el valor de color residual aumentó, disminuyendo los porcentajes de remoción de 77,0 a 61,0%. Se infiere que esto sucedió debido a que el material coagulado no tuvo una buena sedimentación debido a la resuspensión del material coloidal.

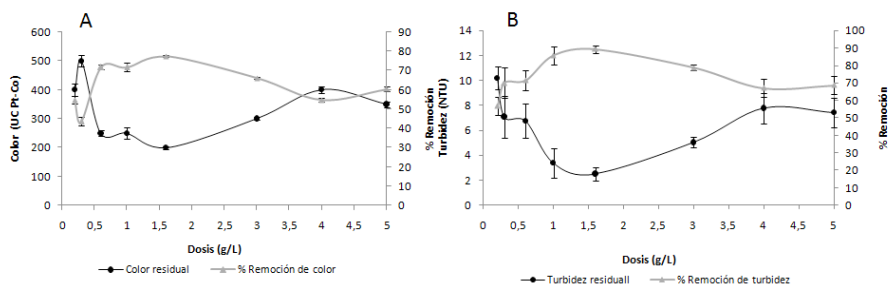


FIGURA 1. Porcentajes de remoción y valores residuales de color (A) y turbidez (B) en función de la dosis de amargos de salmuera

La dosis del coagulante que produjo el mayor porcentaje de remoción de color fue 1,6 g/L alcanzándose un valor de 77,4 %. Al igual que para el color, se observó una disminución progresiva de la turbidez desde 10,2 hasta 2,37 UNT a medida que se aumentó la dosis de salmuera; sin embargo, a partir de una dosis de 1,6 mg/L el valor de turbidez residual aumentó, disminuyendo los porcentajes de remoción de 89,0 a 79,0%.

En la Figura 2a, se muestran los valores de DQO obtenidos después del tratamiento fisicoquímico y los porcentajes de remoción para cada uno de las dosis aplicadas. Se observó que para una dosis de 1,6 mg/L se obtuvo el menor valor de DQO_T residual de 72 mg/L con un porcentaje de remoción de 94,0%, teniendo en cuenta que la DQO_T obtenida del agua proveniente del tratamiento biológico fue de 1211 mg/L.

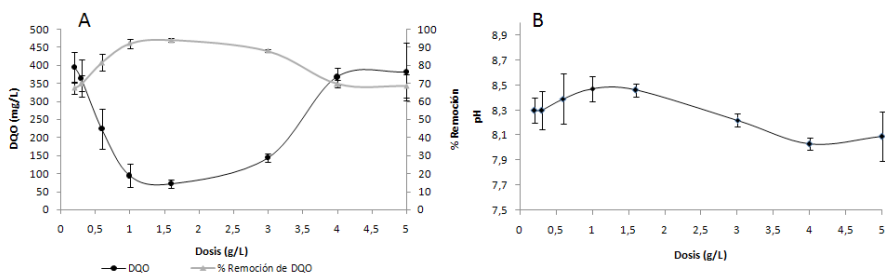


FIGURA 2. Porcentajes de remoción y valores residuales de DQO (A) y pH (B) en función de la dosis de amargos de salmuera

Los porcentajes de remoción obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro del rango reportado Dosta *et al.* (2008) y Kargi y Uygur (2004) quienes lograron valores de remoción de 66 y 96%, respectivamente, tratando aguas residuales provenientes de la matanza de reses, utilizando un SBR en conjunto con otros procesos como coagulación-floculación y variaciones en las fases operacionales que les permitieron mejorar las tasas de remoción durante los tratamientos.

Se observó que a medida que se incrementó la dosis del coagulante, el pH fue disminuyendo de 8,58 unidades hasta 8,03 unidades con dosis que oscilaron entre 0,2 y 5 mg/L (Figura 2B). Cegarra (2011) también reportó una disminución en los valores de pH en aguas residuales de una curtiembre tratadas por coagulación usando amargos de salmuera, obteniendo que el pH del agua residual disminuyó de 12 a 10,2 unidades.

La dosis que permitió obtener los menores valores de color, turbidez y DQO después del tratamiento fisicoquímico, permitiendo la eliminación simultánea de estos parámetros y generando un efluente que cumpliera con los límites máximos exigidos por la normativa ambiental venezolana fue de 1,6 g/L de amargos de salmuera, por lo que se seleccionó como dosis óptima.

2.3. Tratamiento del agua residual con cloruro férrico

La Figura 3 muestra los valores de color residual y los porcentajes de remoción de color para cada una de las dosis aplicadas de cloruro férrico. Se evidencia que los menores valores de color se obtuvieron para las menores dosis aplicadas (0,6 - 1,3 g/L). Bidhendi *et al.* (2007) durante el tratamiento de aguas residuales de una industria textil obtuvieron porcentajes remoción de 90% con una dosis baja del coagulante (0,1 - 0,3 mg/L). Song *et al.* (2004), usando una dosis de 0,9 g/L de cloruro férrico al tratar un agua residual de tenería obtuvieron un porcentaje de remoción de color del 86 %

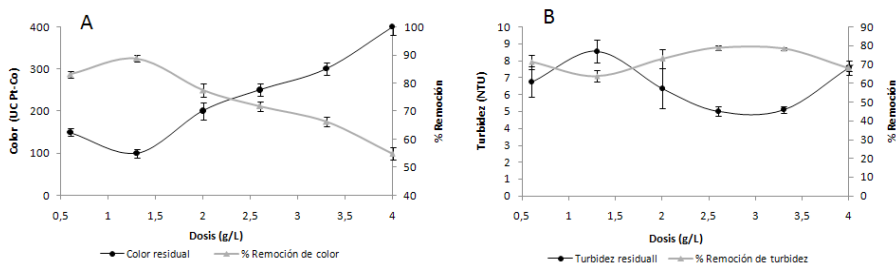


FIGURA 3. Porcentajes de remoción y valores residuales de color (A) y turbidez (B) en función de la dosis de cloruro férrico

Se observó que el mayor porcentaje de remoción de turbidez (78,9 %) y el menor valor de turbidez (5,01 UNT) se obtuvo cuando la dosis fue de 2,6 g/L.

En la Figura 4a, se muestran los valores y el porcentaje de remoción de DQO_T. Se constata que los mayores porcentajes de remoción (93,2 y 93,4%) y los menores valores de DQO residual del tratamiento fisicoquímico (82 y 80 mg/L) se obtuvieron con las menores dosis de 0,6 y 1,3 g/L, respectivamente.

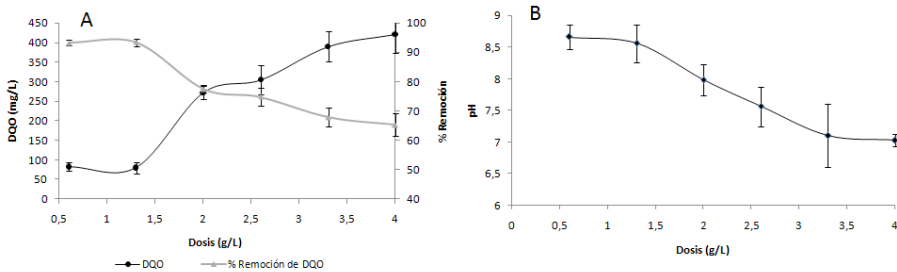


FIGURA 4. Porcentajes de remoción y valores residuales de DQO (A) y pH (B) en función de la dosis de amargos de salmuera

Se observó que a medida que aumentó la dosis de coagulante a partir de una dosis de 1,3 mg/L, disminuyó la eficiencia de remoción de DQO; esto se puede explicar debido a que el exceso de coagulante es absorbido en la superficie de la partícula, produciendo una carga invertida a la carga original (Andía, 2000).

Los porcentajes de remoción obtenidos fueron mayores a los reportados por Bidhendi *et al.* (2007), quienes trabajaron con dosis de 0,5 g/L, resultando un porcentaje de remoción de DQO de 70% en aguas residuales de una industria textil. Igualmente fueron mayores a los presentados por Song *et al.* (2004), quienes usaron una dosis de 0,80 g/L de cloruro férrico como coagulante en el proceso de coagulación- floculación para tratar un agua residual proveniente de una tenería obteniendo un 35% de remoción de DQO; igualmente, concluyeron que la utilización de dosis mayores de 0,80 g/L del coagulante no implicaban un mayor porcentaje de remoción de DQO.

De igual forma Hanan (2009) con un valor inicial de 522 mg/L de DQO_T, obtuvo una remoción de 61% con rangos de dosis que oscilaron entre 0,02 y 0,10 g/L. La diferencia puede atribuirse a los valores de DQO inicial de los efluentes industriales.

Se observó que el pH disminuyó 8,66 a 7,03 unidades a medida que se aplicaron las dosis del cloruro férrico desde 0,6 hasta 4 g/L (Figura 4b). La disminución en los potenciales de hidrógeno pueden ser atribuidos a que el

ión férrico (Fe^{3+}) es un ión ácido de Lewis, que reaccionando con los iones OH^- presentes en la solución acuosa producen $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (Letterman *et al.*, 1999; Song *et al.*, 2004). Este fenómeno también fue reportado por Özkan *et al.* (2010) quienes obtuvieron un pH de 10 unidades durante el tratamiento de aguas residuales provenientes de una planta esterilizadora de desechos médicos a pH iniciales de 12 unidades previo al tratamiento fisicoquímico.

Altaher *et al.* (2011) reportaron que pesar de ocasionar una disminución en los potenciales de hidrógeno, el cloruro férrico muestra una excelente eficiencia de remoción en la región básica a valores de pH cercanos a 12 unidades, este aumento de eficiencia se puede atribuir a que el precipitado formado podría tener una acción de barrido de los sólidos en suspensión presentes en el agua y por ende provoca una disminución en la turbidez y color.

2.4. Comparación de la efectividad de los tratamientos con amargos de salmuera y cloruro férrico

La Tabla 3 presenta los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos después del tratamiento de coagulación-floculación y sedimentación, para las dosis óptimas seleccionadas de cada uno de los coagulantes.

TABLA 3. Valores finales después del tratamiento fisicoquímico con amargos de salmuera y cloruro férrico

Parámetro	Amargos de salmuera (1,6 g/L)	Cloruro férrico (0,6 g/L)	Límites permisibles
Color real (UC Pt-Co)	200 ± 10	150 ± 50	500
Turbidez (UNT)	2,50 ± 1,05	6,76 ± 1,12	-
pH	8,46 ± 0,35	8,66 ± 0,32	6 - 9
DQO _T (mg/L)	72 ± 28	82 ± 42	350
NTK (mg/L)	27,2 ± 6,5	35,6 ± 15,0	-
N-NO _x - (mg/L)	9,2 ± 2,3	11,2 ± 1,2	10
NT (mg/L)	36,4 ± 4,2	46,8 ± 8,1	40
Cloruros (mg/L)	1149 ± 148	1102 ± 353	1000
ST (mg/L)	520 ± 56	410 ± 50	-
SST (mg/L)	80 ± 11	142 ± 37	80
Alcalinidad total (mg/L)	115 ± 21	162,5 ± 17,7	-

n:3. N: número de mediciones realizadas. DE: Desviación estándar. N-NO_x-:
N-NO₂⁻+ N-NO₃⁻.

De acuerdo a los resultados para las mejores dosis de los tratamientos con amargos de salmuera y cloruro férrico, se obtuvo que el efluente del tratamiento con amargos de salmuera presentó valores promedios de los parámetros fisicoquímicos: color real, pH, DQO, NT, N-NOx-, SST que cumplieron con lo establecido en la normativa ambiental venezolana para la descarga en cuerpos de agua, a excepción del valor medio de los cloruros (Gaceta oficial, 1995).

Para el caso del tratamiento con cloruro férrico se obtuvo que el efluente cumplió con respecto a los parámetros color real, pH y DQO, mientras que los valores promedios de NT, N-NOx- y SST no cumplen con los límites máximos permitidos para descarga a los cuerpos de agua.

En la Tabla 4 se presentan los porcentajes de remoción de color, turbidez, DQO_T, NTK y N-NOx y los resultados del análisis de varianza y separación de medias a través de la prueba de Tukey utilizando el programa estadístico Statistix versión 9.0

TABLA 4. % Remoción de los parámetros fisicoquímicos medidos.

Parámetro	Amargos de salmuera (1,6 g/L)	Cloruro férrico (0,6 g/L)
Color real (UC Pt-Co)	77,4 ^b ± 2,1	83,1 ^a ± 1,5
Turbidez (UNT)	89,5 ^a ± 2,3	71,5 ^b ± 3,4
DQO _T (mg/L)	94,1 ^a ± 1,8	93,2 ^a ± 2,6
NTK (mg/L)	80,2 ^a ± 3,4	74,0 ^a ± 3,3
N-NOx - (mg/L)	39,9 ^a ± 3,6	26,8 ^b ± 1,9
NT (mg/L)	76,2 ^a ± 3,0	69,2 ^b ± 2,3

Nota: Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) ± desviación estándar (3 repeticiones)

Del análisis estadístico realizado, se observó que al comparar el desempeño de los coagulantes individuales, el tratamiento con salmuera presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la remoción de los parámetros fisicoquímicos (color, turbidez, N-NOx-, NT) con respecto al tratamiento con cloruro férrico. El coagulante que logró la mayor remoción de color real (83,1%) fue el cloruro férrico con la dosis de 0,6 g/L, mientras que el tratamiento con amargos de salmuera permitió obtener los mayores porcentajes de remoción de turbidez (89,5%) NT (76,2%) y N-NOx- (39,9%). No se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) con respecto a la remoción de los parámetros DQO y NTK, por lo que ambos coagulantes son igualmente efectivos en la remoción de estas variables.

De acuerdo al análisis de la calidad de los efluentes tratados con respecto a la normativa ambiental para la descarga en cuerpos de aguas y el análisis estadístico realizado, el tratamiento con amargos de salmuera como coagulantes representa una opción viable para el tratamiento terciario de los efluentes del proceso de matanza de reses tratados biológicamente, ya que genera un efluente que cumple con la mayoría de los parámetros analizados a excepción de los cloruro y además se obtienen mayores porcentajes de remoción de color, turbidez, NT y NO_x- que los arrojados por el tratamiento con cloruro férrico.

Conclusiones

El pH óptimo de coagulación de los amargos de salmuera fue de 9 unidades, debido a que este valor se obtuvo la mayor eficiencia de remoción de los parámetros: color, turbidez y DQO y además implica un menor gasto de alcalinizante al momento de realizar los tratamientos a escala industrial.

El rango evaluado de dosis de amargos de salmuera (0,2 a 5 g/L) permitió obtener porcentajes de remoción de 89,5% de turbidez, 77,4% de color, 94,1% de DQO y 76,2% de NT para valores iniciales de 23,7 NTU, 885 UC, 1211,7 mg DQO/L y 152 mg NT/L, utilizando como dosis óptima de coagulante 1,6 g/L.

El tratamiento con cloruro férrico en el efluente del matadero de reses tratado permitió alcanzar una remoción de turbidez, color, DQO y NT de 71,5; 83,1; 93,2 y 69,2%, respectivamente, utilizando una dosis óptima de coagulante de 0,6 g/L.

En cuanto a las eficiencias de remoción obtenidas y la calidad del efluente, el tratamiento terciario que produjo los mejores resultados fue cuando se utilizó amargos de salmuera como coagulante con una dosis de 1,6 g/L, generando un efluente que cumple con los límites establecidos por la normativa ambiental venezolana para la descarga en cuerpos de agua con respecto a los parámetros DQO, NT, NO_x, color real y sólidos suspendidos totales, a excepción de cloruros.

Referencias

- Altaher, H., El Qada, E., Omar, W. (2011). Pretreatment of wastewater streams from petroleum/petrochemical industries using coagulation. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 1:245-251.
- American Public Health Association (APHA-AWWA-WEF). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st edition. American Public Health Association. Washington, D.C. USA.

- Amuda, O., Alade, A. (2006). Coagulation/flocculation process in the treatment of abattoir wastewater. *Desalination*, 196: 22-31
- Andía, Y. (2000). Tratamiento de agua: Coagulación y floculación. SEDEPAL. Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico. 44 p. Lima, Perú
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Editorial Acodal. Colombia.
- Ayoub, G; Merehbi, F; Abdallah, R; Acra, A; El Fadel, M. (1999). Coagulation of Alcalinized Municipal Wastewater using seawater bittem. *Water Envrionment Research*, 71 (4): 443-453.
- Banuraman, S., Meikandaan, T. (2013). Treatability study of tannery effluent by enhanced primary treatment. *International Journal of Modern Engineering Research*, 3 (1): 119-122.
- Bhuptawat, H., Folkard, G., Chaudhari, S. (2007). Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating *Moringa oleifera* seed coagulant. *Journal of Hazardous Materials*, 142(1-2):477-482.
- Bidhendi, G., Torabian, A., Ehsani, H., Razmkhah, N. (2007). Evaluation of industrial dyeing wastewater treatment with coagulants and polyelectrolite as a coagulant aid. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 4, (1): 29-36.
- Carrasquero, S., Marquina, D., Soto, J., Vilorio, S., Pire, M., Díaz, A. (2015). Remoción de nutrientes en aguas residuales de un matadero de reses usando un reactor biológico secuencial. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2):43-60.
- Carrasquero, S., Matos, E., Saras, F., Pire, M., Colina, G., Díaz, A. (2014). Evaluación de la eficiencia de un reactor por carga secuencial tratando aguas residuales de un matadero de reses provenientes de un matadero de reses. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV*, 29(3):7-16.
- Cegarra. (2011). Tratamiento físico-químico en efluentes de una tenería provenientes de un tratamiento biológico. Trabajo de Grado para optar al grado académico de *Magister Scientiarum en Ingeniería del Zulia*. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- Dosta, J., J. Rovira, A. Gali, S. Mace, J., Mata-Alvarez. (2008). Integration of a coagulation-flocculation step in a biological sequencing batch reactor for COD and nitrogen removal of supernatant of anaerobically digested piggery wastewater. *Bioresource Technology*, 99:5722-5730.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela. (1995). Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. N° 5021, Decreto 883, Sección III de las Descargas a los cuerpos de aguas. Artículo 10.
- Hanan, A. (2009). Upgrading of Wastewater Treatment Plant by the Use of Coagulation Flocculation Process. *Ain Shams Journal of Civil Engineering Egypt*.
- Hinestroza, J. (2000). Los Desechos Tóxicos de una Industria Salinera Aumentará la Contaminación del Lago. Disponible en: <http://www.ambiente-ecologico.com/066-01-2000/jorgehinestroza66.htm>. Consultado el: 24 de octubre de 2015.

- Letterman, R., Amirtharajah, A.; Omelia, C. (1999). *Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies*, 5th edition. Mcgraw - Hill, USA.
- Kargi, F.; Uygur A. (2004). Hydraulic residence time effects in biological nutrient removal using five-step sequencing batch reactor. *Enzyme and Microbial Technology*, 35(2):167-172.
- Koohestanian, A., Hosseini, M., Abbasian, Z. (2008). The Separation Method for Removing of Colloidal Particles from Raw Water. *American-Eurasian journal of agricultural & environmental sciences*, 4(2): 266-273.
- Maldonado, J., Ramón, J. (2006). Sistema de tratamiento para aguas residuales industriales en mataderos. Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo (GIAAS). Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura - Universidad de Pamplona. 1:34-49
- Massé, D., Masse, L. (2000). Treatment of slaughterhouse wastewater in anaerobic sequencing batch reactors. *Agriculture and Agri-Food Canada*, 2(3):131-137.
- Mattei, M., Guida, M., Della Rocca, C., Melluso, G., Meriç, S. (2005). Optimization of alum-coagulation/flocculation for COD and TSS removal from five municipal wastewater. *International Journal on the Science and Technology of Desalting and Water Purification*, 2(3):113-127.
- Mazumder, D., Mukherjee, S. (2011). Treatment of automobile service station wastewater by coagulation and activated sludge process. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2(1): 64-69.
- Morales F., Méndez R., Tamayo M. (2009). Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de Moringa oleifer Lam como coagulante. 10 (3): 523-529.
- Orhon, D., Karahan, O., Sözen, S. (1999). The effect of residual microbial products on the experimental assessment of the particulate inert COD in wastewaters. *Waters Research*, 30(14):3191-320
- Özkan, O., Mihçioğur, H., Azgin, S., Özdemir, Ö. (2010). Characterization of medical-waste sterilization-plant wastewater and a preliminary study of coagulation-flocculation treatment options. *Water Science & Technology*, 62(2): 266-272.
- Pire, M. (2012). Remoción de nutrientes en aguas residuales de una tenería aplicando tratamiento biológico y fisicoquímico. Tesis Doctoral para optar al grado académico de Doctor en Ingeniería Ambiental. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela
- Ryu, H., Lee, S., Chung, K. (2007). Chemical Oxygen demand removal efficiency of biological treatment process treating tannery wastewater following seawater flocculation. *Environmental Engineering Science*, 24(3):249-259.
- Shabe, K., Salah, S., Janbi, M. (2011). Coagulation-flocculation process to treat pulp and paper mill wastewater by enugreek mucilage coupled with alum and polyaluminum chloride. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 7, (3): 39-47.
- Song, Z., Williams, C., Edyvean, R. (2004). Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation. *Desalination*, 164(3): 249-259.

Transferencia de masa y aceptabilidad sensorial en el desalado de la carne de bagre (*arius sp.*)

*Jaime Rodríguez**

*Otoniel Corzo***

*Jesús Córdova**

*Alirio Wolff**

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue modelar la transferencia de agua y sal y evaluar la aceptabilidad sensorial durante el tiempo de desalado de carne de bagre previamente salada. La carne se cortó en láminas de 4x4x1 cm, se saló en pila y luego se desaló por inmersión en agua a temperatura ambiente. Se sacaron muestras a los 1, 6, 12 y 24 h para determinar los contenidos de sal y agua, y evaluar la aceptación sensorial del color, olor, sabor, textura y apariencia. Los datos obtenidos del contenido de sal y agua se ajustaron al modelo de Peleg para calcular la velocidad inicial de transferencia de masa y los contenidos en el punto de equilibrio del proceso. Igualmente, los datos se ajustaron a la ecuación de difusión de Fick, para determinar el coeficiente de difusión (D) de la sal y agua en láminas de carne salada. El modelo de Peleg explicó el 98,49% y 91,04% de los cambios en el contenido de sal y agua. La velocidad inicial de estos cambios fue de 0,1294 g NaCl/h y 0,0712 g agua/h. Los

*Programa de Ingeniería Pesquera Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Punto Fijo, Venezuela, otocorzo@gmail.com

**Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad de Oriente. Núcleo de Nueva Esparta. Guatamare, Venezuela.

contenidos en el equilibrio eran 0,0010 g NaCl/g bs y 0,4271 g agua/g bs. Los valores de D fueron $7,30 \times 10^{-11}$ m²/s y $4,19 \times 10^{-11}$ m²/s para la sal y agua, respectivamente. La aceptabilidad de las características sensoriales de las muestras desaladas durante 6 h, fue evaluada como “me gusta bastante”, mientras que la de la carne desalada durante 24 h fue catalogada como “ni me gusta ni me disgusta”. Se puede decir que la carne desalada durante 6 h sería un producto atractivo al consumidor.

PALABRAS CLAVE: modelo de Peleg; difusión; sabor; contenido en equilibrio.

Mass transfer and sensory acceptability during desalting of catfish meat (arius sp.)

ABSTRACT

The aims of this study were to model the transfer of water and salt and to evaluate the sensory acceptability during the desalting time of catfish meat previously salted. Meat was cut in sheets of 4x4x1 cm, it was pile salted and then, it was desalted in water at room temperature. Samples were removed at 1, 6, 12 and 24 h to determine the contents of salt and humidity, as well as to evaluate the sensory acceptability of smell, color, taste, texture and appearance. Data obtained from the salt and water content was adjusted to the Peleg model to calculate the initial mass transfer velocity and the contents at the equilibrium point of the process. Likewise, data was fitted to the diffusion equation of Fick to determine the salt and water diffusion coefficients (D) in salted sheets of meat. The 98,49% and 91,04% % of changes in salt and water contents were explained by the Peleg model. The initial velocity of these changes was 0.1294 g NaCl/h and 0.0712 g water/h. The equilibrium contents were 0.0010 g NaCl/g bs and 0.4271 g water/g bs. D values were 7.30×10^{-11} m²/s and 4.19×10^{-11} m²/s for salt and water respectively. The acceptability of the sensory characteristics of the desalted samples for 6 h was evaluated as “I like it a lot”, while 24 h desalted meat for was classified as “neither like nor dislike”. It can be said that desalted meat for 6 h would be an attractive product to the consumer..

KEYWORDS: Peleg model; diffusion; taste; equilibrium content.

Introducción

Para la preservación del pescado generalmente se aplica el proceso de salado y luego, antes de su consumo, el alimento se desala en agua, obteniéndose así productos de contenidos de humedad y sal variables. Dados que el consumo de productos salados provoca aumento en la presión arterial y por ende enfermedades coronarias, y el poco tiempo que los consumidores disponen para elaborar sus alimentos, la tendencia actual de la industria es elaborar alimentos listos para el consumo (ready to use) y de bajo contenido de sal. Es por esto que, los productos salados se someten al proceso de desalado y rehidratación (Aliño, et. al., 2011; Galvis-Sánchez, et. Al., 2011) mediante la inmersión del producto en agua durante tiempos cercanos a las 24 horas (Andrés, et. al., 2005). Ocurre así, una operación de extracción sólido-líquido en la cual, principalmente los iones Na^+ y Cl^- de la fase sólida, se transfieren al agua y ésta a su vez penetra en el sólido (Barat, et. al., 2004a), afectando la matriz proteica y por lo tanto la estructura del producto (Fernández-Segovia et. al., 2003). El producto obtenido puede perder sabor y deteriorarse más fácilmente debido a su bajo contenido de sal (Aliño, et. al., 2011; Fernández-Segovia et. al., 2007).

En Venezuela, cantidades suficientemente grandes de pescados se conservan mediante la técnica del salado debido a que los pescadores no cuentan con un sistema de refrigeración adecuado que ayude a la conservación de las especies capturadas. El bagre es un pescado apreciado por su carne firme, blanca y de buen sabor, es muy abundante en el Golfo de Venezuela y frente al delta del Orinoco (Cervigón, 2005) y su captura se realiza mediante la pesca artesanal. El análisis sensorial de los alimentos es el examen de sus propiedades organolépticas realizable con los sentidos humanos y es un instrumento eficaz para el control de su calidad y aceptabilidad por el consumidor.

El conocimiento de los mecanismos de la transferencia de masa durante el proceso de desalado es importante para lograr un diseño adecuado del proceso de desalado que permita eficientemente, obtener productos homogéneos en su contenido de sal y humedad, requiere del conocimiento de los mecanismos de transferencia de masa (Andrés, et. al., 2005; Ozuna, et. al., 2014). El modelo de Peleg (1988) se ha utilizado para describir, entre otros, la absorción de agua en el remojo de maíz (*Zea mays L*) (Agarry, et. al., 2014) y soya (*Soyica P-33*) (Quicazán, et. al., 2012), la deshidratación osmótica de cubos de pera (*Pyrus communis L.*) (Pavelkić, et. al., 2015) y fresa (Nuñez-Mancilla, 2011), la rehidratación de frijol (*Phaseolus vulgaris*) (Paredes, 2012) y cubos de papa (*Solanum tuberosum*) (Salimi, et. al, 2013; Salimi, et. al., 2010), y la infusión por cocción de caballa (*Scomber scombrus*) (Checmarev, et. al., 2013). La transferencia de masa en el desalado ocurre no sólo por difusión, sino por el mecanismo hidrodinámico (Barat, et. al., 2004b), por lo cual la segunda ley de difusión de Fick se ha utilizado para determinar

el coeficiente de difusión de sal y agua durante el proceso (Barat, et. al., 2004b). Se han publicado diversos estudios relativos al desalado de bacalao (*Gadus morhua*) (Aliño, et. al., 2011; Andrés, et. al., 2005; Barat, et. al., 2006; Fernández-Segovia, et. al., 2003) debido a que este es un producto que se comercializa con alto contenido de sal, pero no se ha encontrado información sobre del desalado de la carne de bagre. El objetivo de este estudio fue determinar: 1) la aplicabilidad del modelo de Peleg para describir los cambios en el contenido de sal y agua en el desalado de carne de bagre, y a la vez calcular estos contenidos en el punto de equilibrio del proceso; 2) los coeficientes de difusión de sal y agua durante el desalado; y 3) la aceptación sensorial de la carne obtenida a diferentes tiempos del desalado.

1. Materiales y métodos

1.1. Materia prima

Especímenes de bagre (*Arius sp.*) fueron adquiridos el mismo día a los pescadores de la zona de Puerto Cumarebo, estado Falcón, Venezuela, seleccionando los que tenían el mismo tamaño. Cada espécimen se evisceró y la carne se fileteó y luego se cortó en 88 trozos con un peso promedio de 0,058 kg y de dimensiones 4x4x1 cm, usando un molde metálico. El peso de cada trozo se determinó utilizando una balanza Sartorius, AZ3102 Sartorius Mechatronics, EUA. Para caracterizar la carne fresca se determinaron los contenidos de humedad según la norma venezolana COVENIN 1120-97, pH según la norma venezolana COVENIN 1315-79, grasa de acuerdo con la norma venezolana COVENIN 1219-2000, proteínas siguiendo la norma venezolana COVENIN 1195-80 y utilizando 6,25 como el factor de conversión de N a proteína, y cenizas según la norma venezolana COVENIN 1220-99.

1.2. Salado y desalado

Las láminas se salaron con sal común en una proporción de 1,2 kg de sal por cada kg de carne, colocándolas entre dos capas de sal, en un recipiente de plástico con desagüe. Transcurridas 24 h se retiraron las láminas, se eliminó el excedente de sal, y se determinaron los contenidos de humedad de acuerdo con la norma venezolana COVENIN 1120-97, y sal según la norma venezolana COVENIN 1123-02, en esta carne salada.

Para el desalado, las muestras saladas y secas se introdujeron en un recipiente que contenía agua destilada con agitación constante y a temperatura ambiente. Se extrajeron tres láminas a las 1, 6, 12, y 24 h,

se escurrieron y se les determinó el contenido de humedad según la norma venezolana COVENIN 1120-97, el contenido de sal de acuerdo con la norma venezolana COVENIN 1223-02, el pH según la norma venezolana COVENIN: 1315-79 y la actividad de agua (A_w) utilizando un medidor de actividad de agua Aqualab CX3 (Decagón Devices, Inc, Pullman, WA. EUA).

1.3. Evaluación sensorial afectiva

Las muestras desaladas a los diferentes tiempos se sometieron a cocción, envueltas en papel de aluminio, en agua hirviendo durante 10 min, sin adición de sal ni condimentos. Inmediatamente se evaluaron sensorialmente por medio de 30 panelistas conformados por estudiantes y empleados de la Universidad Experimental Francisco de Miranda. La evaluación se efectuó en un cuarto iluminado con luz fluorescente y los trozos se sirvieron en platos de plástico blancos codificados con tres dígitos. En las muestras se evaluó la aceptación del color, olor, sabor y textura, utilizando una escala descriptiva de 5 puntos (1 = me disgusta bastante; 2 = me disgusta; 3 = ni me gusta ni me disgusta; 4 = me gusta; 5 = me gusta bastante).

1.4. Modelo de Peleg

Peleg (1988) propuso una ecuación de dos parámetros para describir la adsorción de vapor de agua en leche en polvo y granos de arroz:

$$\frac{t}{X_w - X_{w0}} = K_1 \pm K_2 t \quad (1)$$

donde X_w es el contenido de agua expresado en base seca (bs) a un tiempo dado t , X_{w0} es el contenido inicial de humedad expresado en base seca (bs), K_1 es la constante de velocidad, y K_2 es la constante de capacidad. En la Ec. 1, “ \pm ” es “+” si el proceso es absorción o adsorción y “-” si es desecado o desorción. La representación gráfica de la Ec. 1 es una línea recta en la cual el intercepto es igual a K_1 y la pendiente igual a K_2 .

Si $t = 0$, la velocidad de transferencia inicial de agua en el proceso, está dada por la relación:

$$\frac{dX_w}{dt} = \pm \frac{1}{K_1} \quad (2)$$

La constante de capacidad K_2 está relacionada con el máximo contenido de agua que se puede lograr en el proceso. Cuando $t \rightarrow \infty$, la Ec. 1 da la relación entre el contenido de humedad en equilibrio (X_{we}) y K_2 .

$$X_w = X_{w0} \pm \frac{1}{K_2} \quad (3)$$

Similarmente, para la desorción de sal, el modelo de Peleg se podría escribir como:

$$\frac{t}{X_s - X_{s0}} = K_3 + K_4 t \quad (4)$$

y la velocidad de transferencia de sal al inicio del proceso, y el contenido de sal en el equilibrio, se podrían escribir como:

$$\frac{dX_s}{dt} = \pm \frac{1}{K_3} \quad (5)$$

$$X_e = X_{s0} \pm \frac{1}{K_4} \quad (6)$$

donde X_s es el contenido de sal expresado en base seca a un tiempo t , X_{s0} es el contenido inicial de sal expresado en base seca, K_3 es la constante de velocidad, y K_4 es la constante de capacidad.

La hipótesis en este estudio, es que la ecuación de Peleg podría describir el cambio en los contenidos de humedad y sal en la carne de bagre salado durante el proceso de desalado, y por lo tanto permitiría determinar los contenidos en el punto de equilibrio del proceso.

1.5. Difusión durante el desalado

Dado que durante el desalado hay transferencia de agua y de sal hacia y desde la carne, es importante conocer su capacidad de difusión. Para determinar el coeficiente de difusión efectivo del agua y la sal, se consideró que el mecanismo de transferencia de masa era de naturaleza difusional, la resistencia externa a la transferencia de masa era despreciable en comparación con la resistencia interna, el contenido de agua y sal de

las láminas era uniforme a través de ellas, y el coeficiente de difusión era constante e independiente de estos contenidos.

La solución de la segunda ley de la difusión establecida por Fick para la configuración de una lámina finita, corresponde a (Crank, 1975):

$$\left[\frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \right]^{\frac{1}{3}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[- (2n+1)^2 \pi^2 D t \right] \left[\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2} \right] \quad (7)$$

siendo X , X_e y X_0 los contenidos de agua o sal en las láminas al cabo de un tiempo de desalado, en el equilibrio y al inicio del proceso, D el coeficiente de difusión efectivo de agua o sal, a , b y c la mitad de la longitud, ancho y espesor de las láminas, respectivamente, cuando la transferencia de masa ocurre por todos los lados, y t el tiempo de desalado. Del ajuste de los datos del contenido de agua o sal versus el tiempo de desalado a la ecuación, se determina el valor de D .

1.6. Análisis estadístico

Se aplicó la regresión lineal para ajustar los datos de los contenidos de humedad y sal a la ecuación de Peleg. El ajuste del modelo de Fick a los datos experimentales se realizó utilizando la regresión no lineal por el método de Levenberg-Marquandt (Bates y Watts, 1988). Mediante el análisis de varianza se examinó la significancia ($P < 0,05$) de los términos en los diferentes modelos matemáticos. Las diferencias significativas en la aceptación sensorial de la carne durante el desalado, se determinaron utilizando la prueba de LSD ($P < 0,05$). La bondad del ajuste de los datos se evaluó mediante el coeficiente de determinación (R^2) y el error relativo medio (ERM) expresado como:

$$ERM = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Y_{ei} - Y_{pi}|}{Y_{ei}} \quad (8)$$

donde Y_{ei} es el valor experimental, Y_{pi} es el valor predicho por el modelo y N es el número datos experimentales. Un modelo se considera aceptable si el valor del ERM es menor de 10% (Krokida, et. al., 2003).

El análisis estadístico y las regresiones, fueron realizados utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV (StatPoint Inc, EUA).

2. Resultados y discusión

2.1. Características de la carne fresca

Los resultados de la caracterización de la carne fresca (TABLA 1) indicaron un bajo contenido de grasa y alto contenido de proteínas, por lo cual es un alimento con buen aporte nutricional, un alto contenido de agua, un Aw alto y un bajo contenido de sal que corroboraron la necesidad de usar el salado para impedir el rápido deterioro de la carne.

2.2. Transferencia de masa en el desalado

Los contenidos iniciales de sal y de agua de la carne salada fueron $0,297 \pm 0,0020$ g NaCl/g bs y $0,496 \pm 0,018$ g agua/g, respectivamente, y su variación durante el proceso de desalado, se muestran en la TABLA I. Estos valores indican una reducción en la concentración de sal en el proceso de desalado del 93,6% y una rehidratación del 34,5%, durante 24 h. Se puede observar que, el contenido de humedad aumentó ($P < 0,001$) y el contenido de sal disminuyó ($P < 0,001$) al incrementarse el tiempo de desalado. Durante la primera hora de desalado (FIGURA 1), el aumento en el contenido de humedad y la disminución en el contenido de sal fueron más pronunciados mientras que luego, fueron disminuyendo a medida que se aumentó el tiempo. Estos cambios rápidos probablemente se deben a mecanismos de transferencia de masa causados por la mayor diferencia en la presión osmótica que había entre la lámina y el agua al inicio del proceso (Barat, et. al., 2004b). La forma exponencial de estos cambios es típica de diferentes procesos en los cuales la difusión es el fenómeno dominante (Barat, et. al., 2004b). Similares resultados fueron encontrados en el desalado de bacalao (Andrés, et. al., 2005; Barat, et. al., 2004b), desde 20% NaCl hasta 1,2% NaCl.

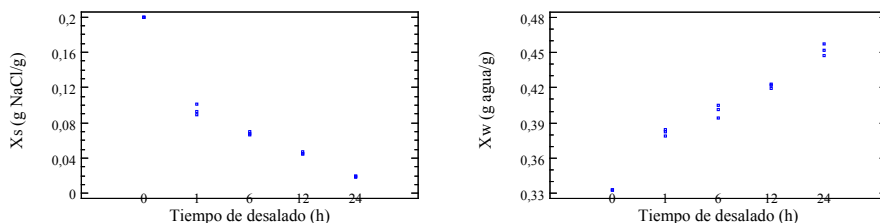


FIGURA 1. Variación de los contenidos de sal y agua durante el desalado de carne de bagre.

TABLA 1. Valores de las características fisicoquímicas de la carne de bagre fresca y desalada a diferentes tiempos

Característica	Carne fresca	Carne desalada Tiempo de desalado (h)				
		0	1	6	12	24
W	0,772±0,014	0,336 ±0,018 ^a	0,384 ± 0,006 ^b	0,407±0,010 ^c	0,423±0,009 ^d	0,452±0,011 ^e
S	0,00392 ± 0,00140	0,297±0,005 ^e	0,0894±0,0020 ^d	0,0720±0,0015 ^c	0,0451±0,0016 ^b	0,0191±0,0014 ^a
Aw	0,988±0,004	0,695 ^a	0,911±0,004 ^b	0,958±0,003 ^c	0,972±0,005 ^d	0,976±0,003 ^d
pH	6,70±0,04	6,44 ^a	6,75±0,05 ^b	6,87±0,04 ^c	6,89±0,06 ^c	6,91±0,05 ^c
G	0,00175±0,00011					
P	0,173±0,005					
C	0,0144±0,0008					

W = contenido de agua (g agua/g); S = contenido de sal (g NaCl/g); G = contenido de grasa (g/g); P = proteína (g/g); C = cenizas (g/g).

Valores de una misma fila con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

2.3. Modelo de Peleg

Ajustando los datos obtenidos a las ecuaciones de Peleg se encontró que, la Ec. 1 explicaba el 98,49% de la variación del contenido de sal y el 91,04% de la variación del contenido de agua, respectivamente, con una probabilidad de al menos un 95%. Esto confirma que la ecuación de Peleg se puede utilizar para describir la variación en los contenidos de sal y agua durante el desalado. La constante de velocidad para el contenido de sal, K_3 , presentó un valor de $7,727 \pm 0,183$ h g bs/g NaCl ($P = 0,0017$), mientras que la del contenido de agua, K_1 , fue de $14,050 \pm 3,460$ h g bs/g agua ($P = 0,0023$). Esta constante está relacionada con la velocidad de transferencia de masa al inicio del desalado, por lo tanto se puede decir que la velocidad de transferencia de sal desde la carne al agua ($0,1294$ g NaCl/h) en las primeras horas es mayor que la de agua hacia la carne ($0,0712$ g agua/h).

La constante de capacidad para el contenido de sal, K_4 , y de agua, K_2 , presentó valores de $3,556 + 0,133$ g bs/g NaCl ($P < 0,001$) y $2,671$ g bs/g agua ($P < 0,001$), respectivamente. El contenido de sal y agua en el equilibrio del proceso, estimado mediante la Ecs. 6 y 3, fue $0,0010$ g NaCl/g bs y $0,427$ g agua/ g bs, respectivamente. Una de las ventajas de la ecuación de Peleg es que permite calcular el contenido en el punto de equilibrio del proceso con datos anteriores a él, disminuyendo así, el tiempo experimental para alcanzarlo. Por otra parte, el modelo permite determinar el tiempo de desalado para obtener carne con un contenido deseado de sal y por ende

un contenido de agua. Resultados similares a los de este estudio, fueron reportados en diversos procesos distintos del desalado (Agarry, et. al., 2014; Checmarev, et. al., 2013; Nuñez-Mancilla, et. al., 2011; Pavelkić, et. al., 2015).

2.4. Coeficiente de difusión

Los altos valores de los coeficientes de determinación ($R^2 = 0,9572$ para la variación de la sal y $R^2 = 0,9776$ para la del agua), y la no existencia de un patrón en el gráfico de residuales vs. el valor predicho de D indican que la segunda ley de la difusión de Fick explica al menos el 95% de los valores experimentales. Por otra parte, los valores de ERM (5,15% para la variación de sal y 4,25% para la de humedad) fueron menores de 10%, por lo cual la ecuación de Fick predice la relación de contenidos de agua y de sal durante el desalado de carne de raya (Krokida y Marinos-Kouris, 2003). Los valores de D para la sal y el agua fueron de $4,19 \pm 0,18 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ y $7,30 \pm 0,20 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$, respectivamente, indicando que la difusión del agua durante el desalado ocurre a una velocidad mayor que la de sal. Los valores de D están en el rango normal esperado de 10^{-12} a $10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ para alimentos sometidos a deshidratación y desalado (Barat et al., 2004a; Barat et al., 2004b; Ozuna et al, 2014). Es conveniente puntualizar que además de la difusión de sal y agua, hay otros fenómenos que pueden afectar el transporte de masa, tales como, el flujo convectivo externo del agua de desalado y el cambio de volumen de la carne (Ozuna et al, 2014).

2.5. Características sensoriales de la carne desalada

El resultado de la evaluación sensorial de las diferentes características de la carne desalada durante el proceso, se muestran en la TABLA 2. La aceptación del color, olor, y textura fue disminuyendo con el tiempo de desalado, indicando así que la carne obtenida a las 24 h de desalado, presentaba características sensoriales poco atractivas para el consumidor, sin llegar a ser rechazadas (“ni me gusta ni me disgusta”). La carne desalada durante 6 h fue evaluada como “me gusta bastante”, por lo cual se puede decir que un proceso de salado en agua a temperatura ambiente y con agitación, sería factible y adecuado para atraer al consumidor. Esta carne tendría una actividad de agua de 0,958, pH de 6,87 y contenidos de sal y agua de 0,0720 g NaCl/g y 0,407 g agua/g, respectivamente. Conviene recordar, que el producto desalado se consumiría mezclado con otros ingredientes que le introducirían otros sabores ocultando el sabor salado o insípido. Diferentes estudios del desalado de bacalao (Fernández-Segovia et al., 2006; Fernández-

Segovia et al., 2007) reportan que las características sensoriales del bacalao desalado presentan aceptabilidad por parte del consumidor. Un reciente estudio del desalado de bacalao usando soluciones de KCl en lugar de agua, determinó que no se afecta la calidad sensorial del producto y se disminuye la cantidad de sodio presente en el alimento salado (Aliño et. al., 2011).

TABLA 2. Aceptación sensorial de la carne de bagre durante el tiempo de desalado.

Tiempo	Color	Olor	Sabor	Textura
1	4,8 ^a	4,9 ^a	3,4 ^b	4,7 ^a
6	4,7 ^a	4,7 ^a	4,4 ^a	4,6 ^a
12	4,4 ^b	4,5 ^a	4,3 ^a	4,3 ^b
24	3,4 ^c	3,3 ^b	3,4 ^b	3,4 ^c

Valores de una misma columna con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Conclusiones

Los cambios en el contenido de sal y agua durante el proceso de desalado de la carne de bagre, se pueden describir mediante los modelos de Peleg y Fick. La velocidad inicial de estos cambios era mayor para el contenido de sal que para el contenido de agua. En el punto de equilibrio del proceso, en agua a temperatura ambiente y con agitación, se tendrá un bajo contenido de sal y un contenido medio de agua. Durante el desalado se obtiene un producto con aceptabilidad sensorial del olor, color, sabor y textura evaluadas entre me gusta y me gusta bastante, indicando así que la carne desalada de bagre podría ser un producto atractivo para el consumidor.

Referencias

- Agarry, S.E.; Afolabi, T. J.; Akintunde, T. T. Y. (2014). Modelling the water absorption characteristics of different maize (*Zea mays L.*) types during soaking. *J. Food Process. Technol.* 5 (5): 326-335.
- Aliño, M.; Fuentes, A.; Fernández-Segovia, I.; Barat. J. M. (2011). Development of a low sodium ready-to-eat desalted cod. *J. Food Eng.* 107 (3-4): 304-310.
- Andrés, A.; Rodríguez-Barona, S.; Barat, J.M. (2005). Analysis of some cod-desalting process variables, *J. Food Eng.* 70: 67-72.
- Barat, J. M.; Gallart-Jornet, A. L.; Andrés, A.; Akseb, L.; Carlehögb, M.; Skjerdalb, O. T. (2006). Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stages. *J. Food Eng.* 73: 9-19.

- Barat, J. M.; Rodríguez-Barona, S.; Andrés, A.; Ibáñez, J. B. (2004a). Modeling of the cod desalting operation, *J. Food Sci.* 69 (4): FEP183-FEP189.
- Barat, J. M.; Rodríguez-Barona, S.; Andrés, A.; Visquert, M. (2004b). Mass transfer analysis during the cod desalting process. *Food Res. Intl.* 37 (3): 203-208.
- Bates, D. M.; Watts, D. G. (1988). *Nonlinear regression and its applications*. Wiley, New York, EUA, pp. 52-73.
- Cervigón, F. (2005). La ictiofauna marina de Venezuela: una aproximación ecológica. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 44 (1): 3-28.
- Checmarev, G.; Casales, M.R.; Yeannes, M. I. (2013). Analysis of applicability of Peleg model to the cooking-infusion of mackerel (*Scomber japonicus*) slices. *Food Sci. Technol. (Campinas)*. 33(4): 685-689.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (1997). Norma Venezolana COVENIN: 1120-97. Carne y productos cárnicos. Determinación de humedad. (Segunda revisión).
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (1999). Norma Venezolana COVENIN: 1220-99. Carne y productos cárnicos. Determinación de cenizas.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (1980). Norma Venezolana COVENIN: 1195-80. Alimentos. Determinación de nitrógeno. Método de Kjeldhal.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (2000). Norma Venezolana COVENIN: 1219-2000. Carne y productos cárnicos. Determinación de grasa total.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (2002). Norma Venezolana COVENIN: 1223-02. Alimentos: Determinación de sal.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (1979). Norma Venezolana COVENIN: 1315-79. Alimentos. Determinación del pH. (Acidez iónica).
- Crank, J. (1975). *The mathematics of diffusion*. Oxford University Press. Londres. Reino Unido. pp- 339-345.
- Fernández-Segovia, I.; Camacho, M.; Martínez-Navarrete, N.; Escriche, I.; Chiralt, A. (2003). Structure and color changes due to thermal treatments in desalted cod. *J. Food Proc. Preserv.* 27: 465-474.
- Fernández-Segovia, I.; Escriche, I.; Fuentes, A.; Serra, J. A. (2007). Microbial and sensory changes during refrigerated storage of desalted cod (*Gadus morhua*) preserved by combined methods. *Intl. J. Food Microbiol.* 116: 64-72.
- Fernández-Segovia, I.; Escriche, I.; Gómez-Sintes, M.; Fuentes, A.; Serra, J. A. (2006). Influence of different preservation treatments on the volatile fraction of desalted cod. *Food Chem.* 98: 473-482.
- Galvis-Sánchez, A. C.; Tóth, I. V.; Portela, A.; Delgadillo, I.; Rangel, A. O. S. S. (2011). Monitoring sodium chloride during cod fish desalting process by flow injection spectrometry and infrared spectroscopy. *Food Control.* 22 (2): 277-282.
- Krokida, M. K.; Marinos-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *J. Food Eng.* 57: 1-7.
- Nuñez-Mancilla, y. Perez-Won, M.; Vega-Gálvez, A.; Arias, V.; Tabilo-Munizaga, G.; Briones-Labarca, V.; Lemus-Mondaca, R.; Di Scala, K. (2011). Modeling mass

transfer during osmotic dehydration of strawberries under high hydrostatic pressure conditions. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.* 12 (3): 338-343.

Ozuna, C.; Puig, A.; García-Pérez, J. V.; Cárcel, J. A. (2014). Ultrasonically enhanced desalting of cod (*Gadus morhua*). Mass transport kinetics and structural changes. *LWT- J. Food Sci. Technol.* 59 (1): 130-137.

Paredes, E.; Quiroz, M., Quispe, K.; Reyes, B.; Velásquez, L.; Zavaleta, N.; Sánchez-González, J. A. (2012). Aplicación del modelo de Peleg para estudiar el efecto de la temperatura y dureza del agua durante la rehidratación de frijol caballero (*Phaseolus vulgaris*). *Agroind. Sci.* 1: 91-99.

Peleg, M. (1988). An empirical model for description of moisture sorption curves. *J. Food. Sci.* 41: 57-72.

Pavelkić, V. M.; Brdarić, T. P.; Petrović, M. P.; Sekularac, G. M.; Košević, M. G.; Pezo, L. L.; Ilić, M. A. (2015). Application of Peleg model on mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pear cubes in sucrose solution. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 21 (4) 485-492.

Quicazán, M. C.; Caicedo, L. A.; Cuenca, M. (2012). Aplicación de la ecuación de Peleg para modelar la cinética de hidratación y de migración de sólidos durante el remojo de soya. *Ing. Investig.* 32 (3): 53-57.

Rodríguez-Barona, S.; Gallart-Jornet, L.; Barat, J. M.; Andrés, A.; Serra, J. A.; Escriche, I.; Fito, P. (2003). El desalado del bacalao: un problema por resolver. *Alimentaria.* 348: 95-99.

Salimi, A.; Maghsoudlou, Y. (2013). Comparison between artificial neural network (multi-layer perceptron) and mathematical Peleg's model for moisture content estimation of dried potato cubes. *Qual. Assur. Saf. Crops Foods.* 5 (2): 105 - 111.

Salimi Hizaji, A.; Maghsoudlou, Y.; Jafari, S. M. (2010). Application of Peleg model to study effect of water temperature and storage time on rehydration kinetics of air dried potato cubes. *Lat. Am. Appl. Res.* 40 (2): 131-136.

Statgraphics Centurion XV. Versión 15.2.06 StatPoint Technology, Inc, Warrenton, VA, EUA.

Evolución en la morfología de la laguna Las Peonías: 1979–2016

*Andreina Fernández * ** ****

*Julio César Marín **

*Ángel Corona ****

*Janett Flores ****

*Ivangellys González ****

*Renny Perozo ****

RESUMEN

La laguna Las Peonías es un ecosistema costero eutrófico perteneciente al Parque Metropolitano Las Peonías del estado Zulia (Venezuela). Su espejo de agua se conecta con el Lago de Maracaibo a través del caño Araguato y sirve de hábitat para un numeroso grupo de especies vegetales y animales. En ella se reciben descargas no controladas de aguas servidas provenientes de las cuencas de las cañadas Fénix e Iragorri, las cuales incluyen desechos tanto domésticos como industriales. En la actualidad no existen planes de recuperación y manejo de este ambiente, si bien se emplea frecuentemente con fines recreativos y turísticos. Debido a la inexistencia de parámetros morfológicos actualizados de la laguna, la presente investigación tuvo como objetivo describir la evolución en la morfología en la laguna Las Peonías, mediante mediciones de campo y datos históricos referenciales para el periodo 1979-2016. En este sentido,

*Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (DISA), Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, apartado postal 526, Maracaibo 4011-A, Venezuela. , E-mail: andreina.fernandez@fing.luz.edu.ve

**Centro de Investigación del Agua (CIA), Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia.

***Departamento de Hidráulica, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia.

se empleó el programa computarizado AutoCAD, imágenes satelitales de Google Earth y mediciones in situ para generar un plano georeferenciado y poder realizar las estimaciones morfométricas actuales. Las variables determinadas con datos de campo fueron: área del complejo lagunar y del espejo de agua, profundidad media y máxima de la laguna y del caño Araguato, volumen y longitud máxima de la laguna. Al relacionar los datos actuales con los reportes históricos de la laguna, se evidencia que las profundidades han aumentado cerca de 50%, al igual que su área y volumen en un 34 y 47%, respectivamente. El caño Araguato exhibe un proceso de erosión en los últimos 37 años, con el aumento de su profundidad media hasta los 4,00 m. Las modificaciones metodológicas durante los procesos de medición de las variables entre 1979 y 2016, también han podido intervenir en las variaciones observadas. Los datos morfológicos recopilados pueden servir de referente para la estimación de balances hídricos de la cuenca, así como en el desarrollo de planes de recuperación y gestión de este cuerpo de agua.

PALABRAS CLAVE: batimetría; cuenca; Lago de Maracaibo; laguna costera; variación temporal.

Evolution of the morphology of Las Peonías lagoon: 1979–2016

ABSTRACT

Las Peonías lagoon is a eutrophic-coastal ecosystem belonging to the Las Peonías Metropolitan Park of Zulia state (Venezuela). The lagoon's water mirror is connected to Lake Maracaibo through the Araguato channel and serves as habitat for a large group of plant and animal species. It receives uncontrolled discharges of sewage from the basins of the Fénix and Iragorri glens, which include both domestic and industrial waste. At present, this environment does not have recovery and management plans, although it is frequently used for recreational and tourist purposes. Due to the lack of updated morphological parameters of the lagoon, the present research aimed to describe the temporary evolution in the morphology at the Las Peonías lagoon, by means of field measurements and historical reference data for the period 1979–2016. In this sense, the computerized program AutoCAD, satellite images from Google Earth

and in situ measures were used to generate a georeferenced map and be able to make the current morphometric estimates. The variables determined with field data were: lagoon complex and water mirror area, average and maximum depth of the lagoon and the Araguato channel, volume and maximum length of the lagoon. When relating the current data with the historical reports of the lagoon, it is evident that the depths have increased close to 50%, as well as its area and volume in 34 and 47%, respectively. The Araguato channel exhibits an erosion process in the last 37 years, with an increase in its average depth to 4.00 m. The methodological changes during the measuring process of variables between 1979 and 2016 have also been able to intervene in the observed variations. The morphological data collected can serve as a reference for the estimation of water balances in the basin, as well as in the development of recovery and management plans of this body of water.

KEYWORDS: bathymetry; basin; Lake Maracaibo; coastal lagoon; temporary variation.

Introducción

El inadecuado uso de los recursos naturales y el efecto de los procesos físico-geográficos y socio-económicos, alteran la organización de los diferentes elementos que conforman el medio ambiente y por ende la integridad de los ecosistemas acuáticos. En este contexto, las investigaciones enfocadas en la región litoral han despertado gran interés debido a la ocurrencia de cambios morfológicos asociados, tanto a causas naturales como al desarrollo de diversas actividades antrópicas. Diariamente las altas densidades humanas generan desequilibrios importantes y un significativo aumento de la explotación de las zonas litorales con fines recreativos, mineros y pesqueros, coartando el interés por la conservación del ambiente y de los recursos naturales en general (Rangel-Buitrago y Melfi, 2013; Peña-Cortés *et al*, 2014; Chávez *et al*, 2017).

De los ecosistemas acuáticos litorales, las lagunas costeras presentan características particulares, ya que se encuentran en esta zona de transición entre la tierra y el agua, manteniendo una comunicación permanente o temporal con el mar, además de estar conectadas o no a sistemas de agua dulce (Burke *et al*, 1988; de la Lanza *et al*, 2013; Cury *et al*, 2017). Dichos sistemas comprenden una gran variedad de formas y ambientes envolviendo un sin fin de organismos que determinan su ecología, tales como: aves residentes y migratorias, mamíferos terrestres y acuáticos, anfibios, reptiles, peces y muchos más, los cuales encuentran en este hábitat un sitio acogedor, cuya vegetación y fauna constituyen su fuente de alimentación y protección. Asimismo, sufren el efecto de las numerosas actividades humanas que se

desarrollan en sus adyacencias, ocasionando altos índices de contaminación ambiental, atentando contra la preservación, reproducción y sostenimiento de estos organismos que hacen vida en ellas (Delgado *et al.*, 1992; Medina y Barboza, 2006; Cury *et al.*, 2017).

En la cuenca del Lago de Maracaibo se ha identificado un conjunto de sistemas lagunares que requieren ser protegidos, conservados y manejados por la variedad de servicios ecológicos que prestan. Entre estas se encuentra la laguna Las Peonías; enmarcada dentro de la zona protectora del área metropolitana de Maracaibo (ICLAM, 1988), representando un componente vital para el área protegida Parque Metropolitano Las Peonías. No obstante, este ecosistema presenta una problemática ambiental creciente por las continuas invasiones y sobrepoblación en zonas cercanas al mismo, generando como consecuencias el enriquecimiento de sus aguas con nutrientes, así como la alteración general de sus condiciones tróficas (ICLAM, 2000). Actualmente, los aportes de agua que se identifican en su cuenca están representados por las cañadas Fénix e Iragorri, aguas de lluvia y mareas altas de la bahía El Tablazo a través del caño Araguato, considerándose este último un cauce esencial en el mantenimiento del sistema ecológico (Pernalet *et al.*, 1979).

Entre los factores determinantes para el entendimiento de la dinámica ambiental, procesos ecológicos y regímenes hidráulicos de los cuerpos acuáticos, se encuentran los aportes de agua y morfología del sistema. La caracterización morfométrica de la cuenca debe ser el punto de partida de las investigaciones limnológicas y ambientales. A partir de esta se puede determinar la ubicación de las estaciones de recolección de manera metódica y adicionalmente generar una idea general sobre el funcionamiento del ecosistema, teniendo en cuenta las áreas de interfase agua-aire y agua-sedimento (Montoya-Moreno, 2005). En tal sentido, el conocimiento que se posee sobre la evolución geomorfológica de la laguna Las Peonías y del comportamiento de su vaso hidráulico es relativamente escaso, lo cual se considera indispensable para el desarrollo de planes de recuperación y preservación ambiental de la misma, permitiendo identificar factores actuales de su cuenca para el manejo y gestión del recurso hídrico, mejorando así el aprovechamiento ecológico y turístico.

Por lo anteriormente expuesto, esta investigación tuvo como objetivo general describir la evolución en la morfología en la laguna Las Peonías, mediante mediciones de campo y datos históricos referenciales para el periodo 1979-2016, con la finalidad de establecer las características físicas actuales de su cuenca; pudiendo servir de base en el establecimiento de la dinámica hidráulica y ecológica de este importante recurso acuático de la región zuliana.

1. Metodología

1.1. Área de estudio

La laguna Las Peonías está ubicada entre los municipios Mara y Maracaibo del estado Zulia (Venezuela), comprendida entre las coordenadas geográficas: $10^{\circ}44'13,85''$ y $10^{\circ}45'55,00''$ de latitud Norte y entre $71^{\circ}38'11,85''$ y $71^{\circ}41'06,56''$ de longitud Oeste. Tiene una superficie de 2.172 ha, de las cuales 612 ha corresponden al cuerpo de agua (figura 1). El área superficial es de aproximadamente 600 ha, con una profundidad media de 65 cm y una cuenca hidrográfica de 5.000 ha. El relieve es plano, con alturas que varían de 0 a 20 m, zonas anegadizas, orillas de playones, lagunas e islotes que están bajo constante acción de las aguas del lago (ICLAM, 1988; ICLAM, 2005; González *et al.*, 2012).



FIGURA 1. Imagen de laguna Las Peonías, estado Zulia, Venezuela.

Las Peonías es considerada una laguna eutrófica costera poco profunda (Acevedo y Cañas, 1980; ICLAM, 1988), situada en tierra firme y separada parcialmente de la bahía El Tablazo (Lago de Maracaibo) por una barrera litoral (figura 1), ofreciendo canales estrechos, principalmente el caño Araguato, que permiten su comunicación con el lago, de acuerdo a las variaciones de la marea y manteniendo un régimen fluctuante de salinidad y una alta productividad biológica (González, 2008).

1.2. Períodos de estudio

En la tabla 1 se detallan los períodos de estudio considerados en el presente trabajo para describir la evolución temporal en la morfología de la laguna, con base en datos de campo e históricos referenciales. Para la recolección de los datos actuales, se realizaron 18 visitas de campo, durante las cuales se registraron informaciones de la batimetría y levantamiento de las condiciones físicas. Estos datos se obtuvieron entre el 22-01-2014 y 16-03-2016.

TABLA 1. Períodos de estudio considerados para describir la evolución temporal en la morfología de la laguna Las Peonías: 1979-2016.

Periodo	Año de medición		Variables estudiadas	Referencia
I	1979	-	- Área del complejo lagunar	M.A.R.N.R. (1979)
II	1980	-	- Profundidad media en la laguna	Acevedo y Cañas (1980)
		-	- Profundidad media y máxima en caño Araguato	
III	1987	-	- Área de la laguna	ICLAM (1988)
		-	- Volumen de agua de la laguna	
		-	- Profundidad media y máxima en la laguna	
		-	- Profundidad media y máxima en caño Araguato	
IV	2006	-	- Profundidad media en la laguna	González (2008)
V	2015	-	- Área de la laguna	Corona (2016)
		-	- Área de la cuenca de la cañada Iragorri	
		-	- Área de la cuenca de la cañada Fénix	
		-	- Caudal de la cañada Fénix	
		-	- Caudal de la cañada Iragorri	
		-	- Longitud de la laguna	
VI	2014-2016	-	- Área del espejo de agua	Presente estudio
		-	- Área del complejo lagunar	
		-	- Volumen de la laguna y del caño Araguato	
		-	- Profundidad media y máxima en la laguna	
		-	- Profundidad media y máxima en caño Araguato	
		-	- Longitud y perímetro de la laguna	

1.3. Caracterización morfológica de la laguna

Se determinaron los diferentes elementos que abarcan la morfología de la laguna, específicamente los siguientes: profundidad media del cuerpo de agua, área del espejo de agua y del complejo lagunar, longitud máxima, perímetro y volumen. Para ello, se procedió de la siguiente manera:

- Mediciones de batimetría en campo: se obtuvieron las profundidades de distintos puntos de la laguna, además del perfil de profundidades en una sección transversal del caño Araguato. Al obtener todas las profundidades, se pudo registrar la profundidad máxima, tanto de la laguna como del caño, además de calcular la profundidad media.
- Perímetro, área del espejo de agua y longitud máxima: con el programa computarizado AutoCAD se dibujó el contorno de la laguna, mediante el uso de imágenes satelitales capturadas de Google Earth (Autodesk, 2006). Además, se colocaron las profundidades de cada punto de coordenada por medio de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), obtenidas de la batimetría. Luego, se consiguió el perímetro y el área del espejo de agua, aplicando el comando *área*; así como la longitud, trazando una línea recta desde los 2 puntos más alejados de la laguna, con el comando *L* para línea, y finalmente *dist* para obtener la distancia (Álvarez, 2008).
- Estimación de volúmenes: se obtuvo mediante el producto del *área por la* profundidad media de la laguna y del caño Araguato, en concordancia con la metodología utilizada por ICLAM (1988), cuyos datos fueron obtenidos del programa computarizado AutoCAD a partir del plano batimétrico.

1.4. Levantamiento batimétrico

Para conocer las profundidades de la laguna se realizó una serie de mediciones en campo, donde primeramente se ubicó el ecosistema usando Google Earth, para obtener de allí imágenes de pantalla que sirvieran de fotografías. Dichas imágenes se llevaron a un programa de diseño asistido por computadora (AutoCAD), superponiéndose organizadamente para mantener la forma integral de la laguna (figura 2).

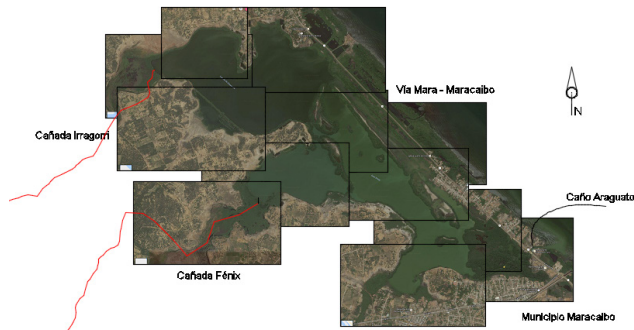


FIGURA 2. Imágenes satelitales superpuestas para componer el área de estudio: laguna Las Peonías, a partir de Google Earth.

Luego de obtener la imagen final con la superposición de las imágenes individuales, se empleó el programa AutoCAD para dibujar el contorno de la laguna, y de la misma manera el espejo de agua, además de la vialidad que pasa por encima de ella; conocida como puente de Puerto Caballo. De esta manera, se consideraron las coordenadas UTM 19 de cuatro puntos estáticos ubicados en el borde de este puente, situados con un GPS, con la finalidad de poder localizarlas en el plano elaborado en AutoCAD, para finalmente escalarlo y obtenerlo de forma georeferenciada, lográndose que todas las coordenadas tomadas dentro de la laguna correspondieran de manera real a dicho plano (figura 3).

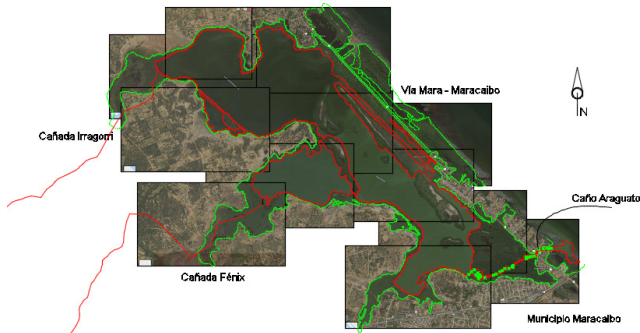


FIGURA 3. Imagen georeferenciada de la laguna Las Peonías, a partir del plano elaborado en el programa AutoCAD.

Posteriormente, se construyó en el plano una cuadrilla de 200 m de separación entre ejes (figura 4), con la intención de conocer y registrar las coordenadas de las intersecciones de dichos ejes, obteniéndose 266 puntos dentro de la laguna y 64 puntos a lo largo del caño Araguato. Cuando se obtenía poca precisión en la cuadrícula de ejes, particularmente en el segmento del caño Araguato, se aplicó un sistema de posicionamiento libre, según lo recomendado por Álvarez (2008).

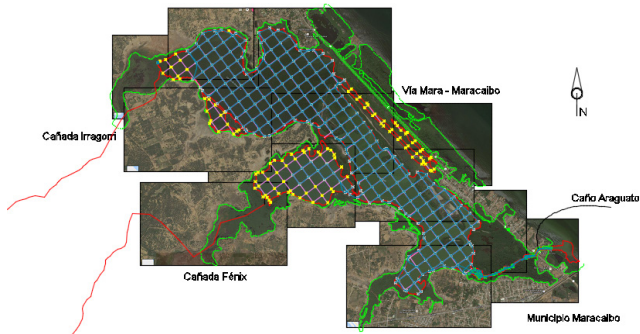


FIGURA 4. Cuadrilla para la ubicación de coordenadas UTM 19 en la laguna Las Peonías.

En las mediciones de campo, usando de referencia la cuadrícula la de la figura 4, se aplicó el método de columna blanca descrito por Bracho (2003) y González (2008), mediante desplazamientos en el espejo de agua sobre una lancha a motor. Las medidas de profundidad en cada punto o intersección de los ejes se hicieron con una columna graduada de 6 m, elaborada a partir de un tubo de PVC, para asegurar que tocara el fondo del sistema. Estas medidas fueron posteriormente incluidas en el plano digitalizado. Considerando que las mediciones de profundidades se realizaron en días diferentes, fue necesario relacionar dichas profundidades con un mismo nivel de marea, corrigiendo así el nivel de agua para asegurar que todas las profundidades obtenidas estuviesen estimadas para un mismo nivel de referencia.

1.5. Variación morfológica en la laguna

La variabilidad en la morfológica de la laguna Las Peonías estuvo determinada primeramente por el cálculo y obtención de los valores asociados a los parámetros físicos que definen esta variable, los cuales fueron: área, volumen, longitud máxima, así como los involucrados en el conocimiento de su vaso hidráulico, es decir, las profundidades a lo largo de toda su extensión. Finalmente, los cambios observados en el tiempo permitieron describir dicha variación (1979-2016), en función de las referencias bibliográficas consultadas (tabla 1).

2. Resultados y discusión

2.1. Caracterización morfológica actual de la laguna Las Peonías

2.1.1. Batimetría

De la medición de las profundidades en el área de la laguna Las Peonías, se obtuvo una profundidad media de $0,91 \pm 0,32$ m; la cual representa la altura media de este cuerpo de agua, desde el fondo hasta la superficie, sin considerar los sedimentos y tomando en cuenta los cambios de marea. Adicionalmente, en la estadística descriptiva se observó que la profundidad máxima fue de 1,60 m y la mínima de solo 15 cm (bordes de la laguna). Estos resultados son similares a los reportados por Herrera y Comín (2006) para ocho lagunas costeras someras de Yucatán (México), con profundidades entre 0,6 y 2,5 m.

En la figura 5 se presenta la laguna Las Peonías con la localización de algunas secciones transversales y longitudinales en su vaso hidráulico,

con la finalidad de mostrar su altura máxima en las diferentes ubicaciones. Cada una de estas secciones presentó profundidades máximas diferentes: primeramente en el corte realizado según el eje A-A (figura 6), se observó una altura máxima de 0,80 m; a diferencia del corte B-B (figura 7), cuya máxima altura fue de 0,90 m; siendo ambos cortes longitudinales (figura 5), lo cual aporta evidencias de la relativa heterogeneidad morfológica del fondo de este cuerpo de agua.

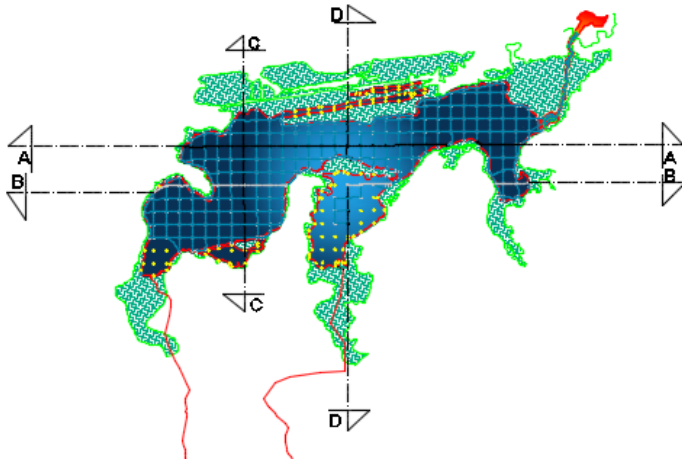


FIGURA 5. Secciones establecidas para los cortes transversales y longitudinales en la laguna Las Peonías. El color azul cuadrado representa el espejo de agua de la laguna y el celeste texturizado la zona de manglar.

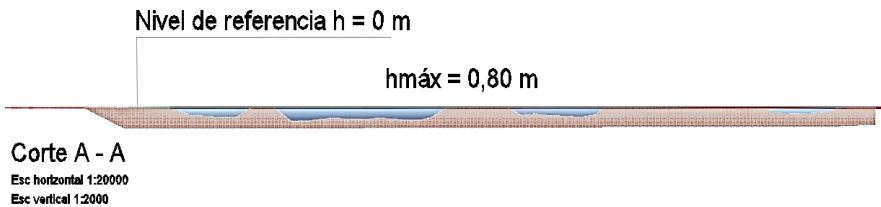


FIGURA 6. Corte longitudinal A-A en la laguna Las Peonías, señalado en la figura 5.

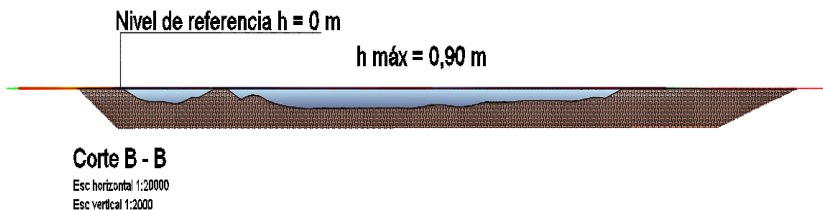


FIGURA 7. Corte longitudinal B-B en la laguna Las Peonías, señalado en la figura 5.

Por otra parte, al considerar los cortes transversales C-C (figura 8) y D-D (figura 9), las alturas máximas obtenidas fueron de 0,90 y 1,15 m, respectivamente, siendo esta última la mayor de las cuatro alturas máximas en los cortes establecidos.

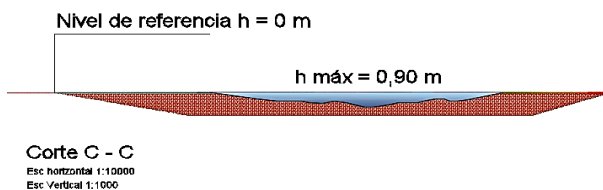


FIGURA 8. Corte transversal C-C en la laguna Las Peonías, señalado en la figura 5.

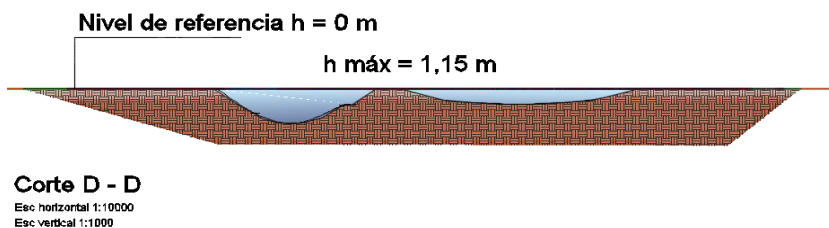
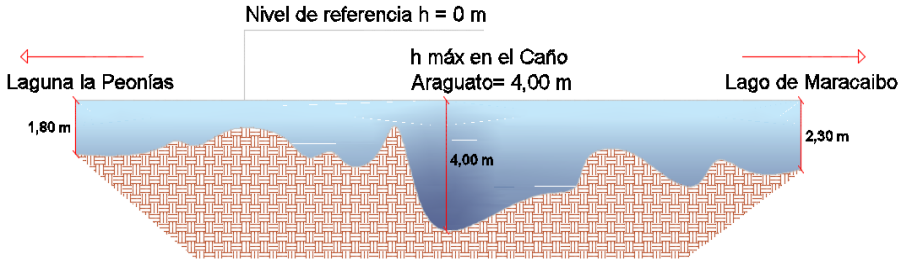


FIGURA 9. Corte transversal D-D en la laguna Las Peonías, señalado en la figura 5.

En el caño Araguato se encontraron las mayores profundidades para este ecosistema, ya que es el lugar donde se da el intercambio con el Lago de Maracaibo, resultando en una profundidad media de $1,92 \pm 0,79$ m; mientras que los valores mínimo y máximo se ubicaron en 0,90 y 4,00 m, respectivamente. Al respecto, en la figura 10 se presenta un corte longitudinal en el caño Araguato, el cual refleja su profundidad máxima.



Corte Longitudinal en el Caño Araguato
Eso horizontal 1:10000
Eso vertical 1:1000

FIGURA 10. Corte longitudinal en el caño Araguato de la laguna Las Peonías.

La configuración del vaso hidráulico de la laguna, mediante la batimetría realizada, se detalla en la figura 11. Este plano en 3D muestra los puntos medidos efectivamente, pudiendo notarse las zonas donde las profundidades fueron mayores, particularmente hacia el centro de la misma y en el caño Araguato.

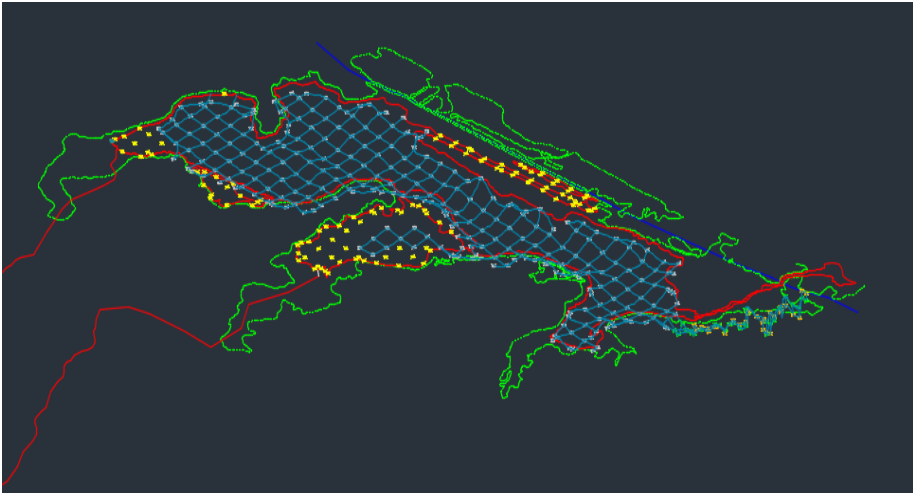


FIGURA 11. Plano batimétrico 3D de la laguna Las Peonías obtenido en AutoCAD, de acuerdo con las mediciones realizadas en el presente estudio. La línea verde define el complejo lagunar, la línea roja delimita el espejo de agua, el cuadrículado azul indica el fondo de la laguna que representa el vaso hidráulico.

2.1.2. Morfología

De acuerdo con las mediciones de campo realizadas, la laguna Las Peonías actualmente posee un área extensa de aproximadamente 844 ha (figura 12), de las cuales el 96% corresponden al área ocupada por el espejo de agua (figura 13), es decir, 811 ha aproximadamente. Dicha proporción es semejante a la encontrada por Rendón-Dircio *et al*, (2012) en la laguna costera de Chautengo, Guerrero (México), la cual fue de 91%.



FIGURA 12. Área total delimitada por la laguna Las Peonías, empleando el programa AutoCAD. El color gris-turquesa texturizado representa el área ocupada por los manglares y el blanco interno el espejo de agua de la laguna.



FIGURA 13. Área delimitada por el espejo de agua en la laguna Las Peonías, empleando el programa AutoCAD. El color azul representa el espejo de agua de la laguna y el rojo-amarillo el espejo de agua en el tramo del caño Araguato.

Los volúmenes de las masas de agua en la zona interna de la laguna (figura 12) y en el caño Araguato (figura 13), correspondieron a 5,90 y 0,28 Mm³; respectivamente. A partir de estos valores se evidencia la importante diferencia entre cada una de las secciones descritas, como resultado de la magnitud de las áreas con relación a la profundidad media. En el caso del caño Araguato, aunque su profundidad media sobrepasa el doble de la profundidad media de la laguna interna, la cantidad de agua que puede almacenar es mucho menor, como consecuencia del espacio físico que posee en comparación con el área de la laguna. Al relacionar dichas magnitudes, se observa que el volumen de la laguna interna representa un 96%, mientras que el caño es solo un 3% del volumen total del cuerpo de agua.

Otros de los factores físicos que se pudieron determinar en la laguna utilizando el programa AutoCAD fueron la longitud máxima o axial, la cual resultó de 8,7 Km; y la línea de costa o perímetro, que fue de 21,12 Km. En tal sentido, la longitud axial de esta laguna resulta comparable a la encontrada en la laguna costera de Chautengo (México) por Rendón-Dircio *et al* (2012), con un valor de 10 Km.

2.2. Evolución temporal en la morfológica de la laguna

En la tabla 2 se presenta la variabilidad temporal en la morfología de la laguna Las Peonías, considerando los períodos de estudio incluidos en el presente trabajo. Estos datos revelan cambios evidentes de los valores reportados en los diferentes trabajos, con respecto a los encontrados en la actualidad. Variables como el área del complejo lagunar, profundidad media y máxima del caño Araguato, volumen y longitud máxima de la laguna, denotaron un aumento progresivo, mientras que la profundidad media y máxima en la laguna, redujeron sus dimensiones. Al respecto, Herrera y Comín (2006) en el caso de las lagunas costeras de Yucatán (México), indicaron una clara variabilidad intra-laguna, tanto espacial como temporal, debido a la conectividad y los controles mar-tierra/tierra-mar dados a través de los aportes de agua dulce y marina, de la magnitud de las descargas de los manantiales marinos, así como de la intensidad de las corrientes y amplitud de las mareas. Otro factor que ha podido determinar las diferencias morfológicas entre los diferentes periodos estudiados, corresponde a los métodos de estimación de las distintas variables físicas.

TABLA 2. Variabilidad temporal de la morfología en la laguna Las Peonías para el período 1979-2016.

	Variable I II 1979 1980	Período*				
		III 1987	IV 2006	V 2015	VI Presente estudio	
	Complejo lagunar (ha)	632			639	844
Área	Cuenca Iragorri (Km ²)				488,94	88,32
	Cuenca Fénix (Km ²)				149,83	42,89
	Media	Laguna	0,61	0,67	0,95	0,91
Profundidad (m)	Caño			1,15		1,60
	Máxima	Laguna	1,2	2,5		1,92
	Caño		3	3,5		4,00
					4	5,90
	Volumen de la laguna (Mm ³)					5,90
	Longitud máxima de la laguna (Km)				8,4	8,70

*Los datos de los periodos corresponden a los presentados en la tabla 1.

Los factores físicos que determinan las características morfológicas de la laguna Las Peonías, varían por acciones naturales e intervención del hombre en su entorno. El área de la laguna fue uno de los elementos más notorio en su evolución (tabla 2), repostada inicialmente por el M.A.R.N.R. en 1979 con un valor de 632 ha y generando un aumento del 34% con relación al tamaño actual de 844 ha. Este incremento puede indicar de cierta manera los cambios desarrollados en el cuerpo de agua durante los últimos años, al ocupar una mayor extensión de los espacios que no eran considerados como parte de este complejo lagunar. Similarmente, en función de las variaciones históricas, se puede decir que el volumen de la laguna ha aumentado un 47% entre 1987 y 2016 (tabla 2).

Los resultados también muestran que las profundidades medias en la laguna Las Peonías han fluctuado en el tiempo (tabla 2): 0,61 m (Acevedo y Cañas, 1980); 0,67 m (ICLAM, 1988) y 0,95 m (González, 2008); asemejándose este último valor al obtenido en el presente trabajo: 0,91±0,32 m; lo cual representa una disminución de 4% en los últimos 9 años, tal vez como resultado del arrastre de sedimentos en el fondo del vaso por eventos naturales y/o al tráfico constante de embarcaciones de pesca en la zona. La aplicación de

una ecuación de corrección que vincula la marea del momento del día inicial de medición con cada uno de los días posteriores de trabajo batimétrico, también pudo influir en estos resultados.

Fornerón *et al* (2010) en su análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande (Argentina), detallan que las profundidades encontradas variaron entre 0,6 y 1,8 m; mostrando de esta manera que es un cuerpo de agua somero, así como en el caso de la laguna Las Peonías, lo cual la hace más sensibles al enriquecimiento en nutrientes y más vulnerable durante los períodos extremadamente secos. No obstante, la escasa relación entre el volumen y la profundidad de la laguna (profundidad media), favorece su lavado y rejuvenecimiento en periodos húmedos (Quirós, 2004).

En el caño Araguato por su parte, la profundidad media aumentó un 39% en los últimos 29 años (tabla 2), mostrando posiblemente un proceso de erosión en el mismo (Álvarez, 2008). También se observaron cambios en las profundidades máximas registradas, tanto en el cuerpo de la laguna como en el caño Araguato, aumentando un 108% en la laguna entre 1979 y 1987, pero luego disminuyendo un 23% hasta el presente estudio; mientras que en el caño la profundidad máxima registrada fue de 3 m (Acevedo y Cañas, 1980), posteriormente de 3,5 m (ICLAM, 1988) y en la actualidad alcanzó la profundidad máxima de 4,00 m; lo que favorecería el acceso a las lanchas que ingresan desde el Lago de Maracaibo. Cambios temporales notables en ecosistemas litorales también han sido reportados en otros estudios, como en el caso de la península de La Guajira, Caribe colombiano (Rangel-Buitrago y Melfi, 2013), debido principalmente a tendencias erosivas en los últimos 25 años, resultantes de factores ligados a la intervención antrópica, tales como: modificación de cuencas, construcción inadecuada de obras de defensa y cambios drásticos en el uso del suelo.

Finalmente, todas las variaciones en la morfología de esta laguna develan la evolución de la dinámica del ecosistema en el tiempo, específicamente con respecto a los datos del presente estudio, aportando de este modo una actualización de la información física, especialmente de batimetría, la cual servirá de base para el desarrollo de investigaciones posteriores, entre los que se incluyen: balances hídricos y de nutrientes, planes de recuperación y gestión ambiental, entre otros.

Conclusiones

La descripción de las variables morfológicas en la laguna Las Peonías evidencia cambios notales, aumentando de manera general sus valores en el tiempo (área del complejo lagunar, profundidad media y máxima del caño Araguato, volumen y longitud máxima de la laguna), a excepción de la profundidad media y máxima en la laguna, las cuales han disminuido

aproximadamente 50% en los últimos 37 años, debido posiblemente a la dinámica natural de los sedimentos y a los procesos biológicos asociados.

Si bien el área y volumen de la laguna han aumentado en los últimos tiempos, es posible que resulte de una mayor extensión de los espacios que no eran considerados como parte del complejo lagunar. De igual forma, el caño Araguato muestra un proceso de erosión en los últimos años. Las distintas modificaciones metodológicas durante los procesos de medición de las variables entre 1979 y 2016, también han podido intervenir en las variaciones observadas.

A partir de las variables morfológicas y batimétricas recopiladas en el presente trabajo, fue posible construir una base de datos con información geográfica y batimétrica actual de la laguna, pudiendo servir de referente para la estimación de balances hídricos en su cuenca, así como en el desarrollo de planes de recuperación y gestión de este cuerpo de agua.

Referencias

- Acevedo, L., Cañas, H. (1980). Estudio del régimen hidráulico de la laguna Las Peonías. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Venezuela. 89 p.
- Álvarez, J. (2008). Variables hidrométricas. Material didáctico de técnicas experimentales en hidráulica. Universidade da Coruña, España. Fecha de consulta: 15-02-2016. Disponible en: ftp://ceres.udc.es/master_en_ingenieria_del_agua/master%20antiguo_antes%20del%202012/Primer_Curso/Tecnicas_Experimentales_en_Hidraulica/Hidrometria/Temas/Tema_2_v2008.pdf
- Autodesk. (2006). Manual de usuario AutoCAD. Estados Unidos de América. Fecha de consulta: 22-06-2016. Disponible en: <https://latinoamerica.autodesk.com>
- Bracho, N. (2003). Optimization of faecal coliform removal performance in three tertiary maturation ponds. Tesis de doctorado. Universidad de Surrey. Inglaterra. 260 p.
- Burke, D., Meyers, E., Tiner, R. (1988). Protecting nontidal wetlands. APA Planning Advisory Service Washington, D.C. 76 p.
- Chávez, V., Mendoza, E., Ramírez, E., Silva, R. (2017). Impact of inlet management on the resilience of a coastal lagoon: La Mancha, Veracruz, Mexico. En: Martínez, M., Taramelli, A., Silva, R. (eds.), *Coastal Resilience: Exploring the Many Challenges from Different Viewpoints. Journal of Coastal Research*. Número especial 77: 51-61.
- Corona, A. (2016). Modelo hidrogeográfico de la cuenca de la laguna Las Peonías. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Venezuela. 99 p.
- Cury, V., Franco, F., Fonseca, A., Fontes, M., Donnangelo, A. (2017). Space time evolution of the trophic state of a subtropical lagoon: Lagoa da Conceição, Florianópolis Island of Santa Catarina, Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 22(10): 1-17.

- De la Lanza, G., Ortiz, M., Carbajal, J. (2013). Diferenciación hidrogeomorfológica de los ambientes costeros del Pacífico, del Golfo de México y del Mar Caribe. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 81: 33-50.
- Delgado L., Marín H. y Apitz A. (1992). *El Zulia, su espacio geográfico*. Academia Nacional de la Historia. Universidad del Zulia y Gobernación del Estado Zulia. Banco Maracaibo. Caracas, Venezuela. 62 p.
- Fornerón, C., Piccolo, M., Carbone, M. (2010). Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande. *Huellas*. 14:11-30.
- González, M., Aldana, G., Saules, L. (2012). Ciclos de marea y condiciones climáticas sobre la variación del nitrógeno en la laguna Las Peonías. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 46(2): 137-157.
- González, M. (2008). Dominio de la marea y del régimen climatológico sobre la variación de la concentración de nutrientes y sedimento en la laguna las peonías. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Venezuela. 121 p.
- Herrera, J., Comín, F. (2006). Lagunas costeras de Yucatán (SE, México): Investigación, diagnóstico y manejo. *Ecotrópicos*. 19(2): 94-108.
- ICLAM. (1988). Estudio sobre el comportamiento hidrodinámico de la laguna Las Peonías. Informe técnico. Instituto para la Conservación de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Maracaibo (ICLAM). Maracaibo. 46 p.
- ICLAM. (2000). Problemática ambiental del parque Las Peonías. Informe técnico. Instituto para la Conservación de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Maracaibo (ICLAM). Maracaibo. 7 p.
- ICLAM. (2005). Evaluación de la calidad de las aguas en caño Araguato, laguna Las Peonías y cañada Fénix, municipio Maracaibo, estado Zulia. Informe técnico IT-2005-02-005. Instituto para la Conservación de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Maracaibo (ICLAM). Maracaibo. 12 p.
- M.A.R.N.R. Zona 5. Estudio preliminar del Parque “Las Peonías”. Informe Técnico. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (M.A.R.N.R.). Maracaibo.
- Medina, E., Barboza, F. (2006). Lagunas costeras del Lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación. *Ecotrópicos*. 19(2): 128-139.
- Montoya-Moreno, Y. (2005). Caracterización morfométrica básica de tres lagos someros en el municipio de El Carmen de Viboral (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*. 27: 79-86.
- Peña-Cortés, F., Limpert, C., Andrade, E., Hauenstein, E., Tapia, J., Bertrán, C., Vargas-Chacoff, L. (2014). Dinámica geomorfológica de la costa de La Araucanía. *Revista de Geografía Norte Grande*. 58: 241-260.
- Pernalete, H., Chacín, O., Bracho, L., Rico, J. (1979). Estudio preliminar del contenido de nutrientes de la laguna Las Peonías. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Venezuela. 113 p.
- Quirós, R. (2004). Sobre la morfología de las lagunas pampeanas. Serie de documentos de trabajo del área de sistemas de producción acuática. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Documento Nro. 3. 16 p.

- Rangel-Buitrago, N., Melfi, G. (2013). Morfología, morfodinámica y evolución reciente en la península de la Guajira, Caribe colombiano. *Revista Ciencias e Ingeniería al Día*. 8(1): 7-24.
- Rendón-Dircio, J., Ponce-Palafox, J., Rojas-Herrera, A., Arredondo-Figueroa, J., de la Lanza, G., Flores-Verdugo, F. (2012). Morfometría, hidrodinámica y fisicoquímica del agua de laguna de Chautengo, Guerrero, México. *Revista Biociencias*. 1(4): 25-37.

Comportamiento de la lesión intraepitelial de bajo grado en pacientes en edad fértil

*Karina De Sousa Molina**

*María Fuentes***

RESUMEN

Objetivo: Describir la evolución espontánea de las lesiones intraepiteliales de bajo grado en pacientes en edad fértil, bajo seguimiento citocolposcópico e histológico. **Métodos:** Estudio prospectivo, longitudinal y descriptivo en el que se incluyeron 30 pacientes con lesiones intraepiteliales de bajo grado evaluadas con citología, colposcopia cada 4 meses e histológicamente al año de seguimiento, en la consulta de Ginecológica del Centro Clínico Materno Pediátrico Zulia. **Resultados:** Las lesiones intraepiteliales de bajo grado presentaron un 72 % de regresión espontánea, 4% de persistencia y 4 % de progresión. **Conclusión:** Las lesiones intraepiteliales de bajo grado en pacientes en edad fértil presentan una elevada frecuencia de regresión espontánea. Recomendamos el tratamiento conservador y prolongar el seguimiento de los casos negativos para descartar falsos negativos.

PALABRAS CLAVE: lesión intraepitelial; endocérvix; colposcopia.

* Profesor de la Universidad del Zulia, Cátedra: Anatomía. Facultad de Medicina, karinads69@gmail.com

**Profesor de la Universidad del Zulia, Cátedra: Ginecología y Obstetricia. Facultad de Medicina.

Behavior of low-grade intraepithelial lesions in fertile age patients

ABSTRACT

Objective: To describe the spontaneous evolution of low-grade squamous intraepithelial lesions in fertile age patients, under cyto-colposcopic histological control. **Methods:** Descriptive, longitudinal and prospective study. 30 patients with a diagnosis of low-grade squamous intraepithelial lesions were evaluated through cytology and colposcopy of cervix every 4 months and, an endocervical sampling was taken at the end of the first year monitoring in the gynecology practice of the Centro Materno Pediátrico Zulia. **Results:** intraepithelial lesions showed a 72 % of spontaneous regression, a 4 % of persistence and a 4% progression. **Conclusion:** low-grade squamous intraepithelial lesions in fertile age patients have a high frequency of spontaneous regression. It is recommended the conservative treatment and to prolong the control of the negative cases to discard false negatives.

KEYWORDS: low-grade squamous intraepithelial lesions; endocervix; colposcopy.

Introducción

El cáncer cervicouterino se mantiene como un gran problema de salud pública en las mujeres en todo el mundo. Cerca de 500 mil nuevos casos se registran anualmente y provocan la muerte a 250 mil mujeres; 80% ocurre en países en desarrollo (Salomón, 2014). Las lesiones preneoplásicas del cuello uterino han sido ampliamente estudiadas, discutidas desde la década de los treinta y se han realizado múltiples estudios en cuanto al concepto y clasificación de las lesiones intraepiteliales (Salomón, 2014).

La lesión intraepitelial es un trastorno del crecimiento con cambios celulares de predominio nuclear, pero además hay transformaciones en las relaciones intercelulares. La respuesta inmune depende de un complejo sistema de moléculas y células que cumplen dos funciones fundamentales, las cuales no es posible diferenciar claramente. El papel principal que clásicamente se le ha atribuido al sistema inmune es el de actuar como un mecanismo de defensa del huésped ante la agresión por microorganismos; sin

embargo, desde hace varios años, y en particular después del descubrimiento de la manera como dicho sistema reconoce las moléculas propias y extrañas con las que interactúa, se propuso que el sistema inmune ejecuta un programa de autodesarrollo molecular propio. Por lo tanto, se puede afirmar que el sistema inmune es capaz de desencadenar una respuesta de defensa contra los organismos extraños en la medida que reconoce las moléculas propias (Muñoz, 2015).

La respuesta inmunitaria en el cuello uterino es compleja, principalmente debido a su participación en los eventos reproductivos. Sin embargo, el desequilibrio entre citocinas puede condicionar el paso de una lesión intraepitelial cervical (LIE) a cáncer de cuello uterino. La angiogénesis desempeña un papel importante en la inducción de nuevos vasos sanguíneos y es crítica para el crecimiento y extensión de tumores sólidos (O'Brien, 2014; Walboomers, 2012).

Las lesiones intraepiteliales de bajo y alto grado están asociados a factores como el tabaquismo, inicio a edad temprana de las relaciones sexuales, tratamiento hormonal, promiscuidad, multiparidad e infecciones por microorganismos.

Se consideran factores de riesgo todos los hábitos, condiciones o situaciones que aumenten la posibilidad de desarrollar una enfermedad. En la actualidad a través de varias investigaciones se han encontrado relacionados varios factores para el desarrollo de las lesiones intraepiteliales y del cáncer cervical. Entre ellos el más relevante es la infección por el virus del papiloma humano (VPH), el cual se considera el factor de mayor importancia para desarrollar cáncer cervicouterino (Merlo 200).

Mujeres que han tenido múltiples compañeros sexuales masculinos, relaciones sexuales a edad temprana o han tenido compañeros sexuales de alto riesgo, tienen un riesgo más alto de desarrollar lesiones intraepiteliales, y por consecuencia cáncer cervicouterino.

Otro factor de riesgo epidemiológico, descrito por varios autores como Milian (2013), es el hábito de fumar; se ha observado que las mujeres fumadoras, tienen por lo menos dos veces más probabilidad de riesgo de desarrollar lesiones premalignas o intraepiteliales.

Uno de los factores reguladores más importantes de la angiogénesis es el factor vascular de crecimiento endotelial (VEGF), el cual induce el estroma vascular no sólo como mitógeno directo de las células endoteliales, sino como un potente mediador de la permeabilidad de los microvasos (Mittal, 2013). La expresión elevada de VEGF en tumores cervicales es particularmente interesante, puesto que la proliferación vascular es una característica de estos tumores. En algunos estudios se ha demostrado que la densidad elevada de microvasos es un indicador de mal pronóstico en el cáncer cervical. Por otro lado, se ha señalado al VPH como uno de los

principales responsables de la etiología de las lesiones benignas, premalignas y malignas del cuello uterino y otras localizaciones.

Se ha demostrado que, tanto los cánceres invasores como las lesiones precursoras, están asociadas en un alto porcentaje de casos con la presencia de virus del papiloma humano (VPH) (Muñoz 2015) La mayor parte de estas infecciones se resuelve de forma espontánea y sin consecuencias. La persistencia del VPH ocurre en un 5 % de las mujeres después de los 35 - 40 años. Este subgrupo constituye el de mayor riesgo para desarrollar lesiones escamosas intraepiteliales de alto grado (LIE Ag) y cáncer cervical (Holowaty 2012).

En 1989 se propuso el sistema Bethesda para describir las alteraciones citológicas y se incluyen nuevos conceptos sobre infección por el VPH, además se asocian los simples cambios producidos por el VPH con el NIC I. Se introduce el término lesión escamosa intraepitelial (LIE), con dos categorías: bajo grado y alto grado, en donde hay un crecimiento anormal mínimo (bajo grado), y progresa en espesor hasta llegar a la capa más superficial del epitelio (alto grado). En el informe de Broadstock para la *New Zealand Health Technology Assessment* (NZHTA) se recogen los siguientes datos: NIC I: regresan 60 %, persisten 30 %, progresan 10 %, carcinoma invasor 1 %. NIC II: regresan 40 %, carcinoma invasivo 5 %. NIC III: regresan 33 %, carcinoma invasivo 12 % (Bethesda 2001).

La Sociedad Americana de Colposcopia y Patología Cervical (ASCCP) en la Conferencia de Consenso, realizada en Bethesda en el año 2001, recomendó en pacientes con diagnóstico histológico de LIE Bg y colposcopia satisfactoria, el seguimiento sin tratamiento como la opción preferida. Asimismo, recomienda realizar legrado endocervical en pacientes con colposcopia insatisfactoria o colposcopia satisfactoria pero con lesión no identificada. Aquellas pacientes con legrado endocervical positivo para LIE Bg en quienes se visualicen los límites de la lesión, son susceptibles de terapia conservadora, así como aquellas pacientes en situaciones especiales como embarazadas, posmenopáusicas o inmunosuprimidas (Pecorelli 2012).

La Federación Internacional de Ginecología y Obstetricia (FIGO) recomienda igualmente la conducta conservadora, repetir el frotis cuando existe citología anormal; si la anomalía está presente nuevamente en la citología, aconseja referir a la paciente a colposcopia. Otra alternativa es realizar tipificación viral para VPH, y si ésta resulta de alto riesgo, derivar a la paciente a colposcopia, de no encontrarse virus de alto riesgo, se recomienda repetir la citología en 12 meses (Valdespino 2014).

Dada la posible regresión espontánea de la LIE Bg, el tratamiento sistemático representa, en muchos casos, un sobre-tratamiento y por todo ello, la abstención terapéutica y control puede ser una opción válida. La observación sin tratamiento puede estar indicada en las pacientes con

diagnóstico de LIE Bg por biopsia, que reúnan las siguientes condiciones: edad menor de 40 años, citología concordante, ausencia de LIE previo, ausencia de inmunosupresión, colposcopia satisfactoria, lesión con cambios menores (totalmente visible), posibilidad razonable de seguimiento y sin ansiedad por parte de la paciente o del médico.

Un enfoque de conducta conservadora sería especialmente recomendable en pacientes que no han completado su descendencia. Los fundamentos de una conducta expectante están dados porque la mayoría de las pacientes con LIE Bg, no tendrán lesión cervical al finalizar el seguimiento, ya que la mayoría de estas lesiones regresarán sin tratamiento o serán escindidas completamente con la biopsia.

1. Método

Se realizó un estudio prospectivo, longitudinal y descriptivo cuya población estuvo representada por las pacientes que acudieron a la consulta de ginecología del Centro Materno Pediátrico Zulia con diagnóstico histológico de LIE de bajo grado, de las cuales se obtuvo una muestra constituida por 30 pacientes seleccionadas con base a la fórmula para poblaciones finitas, con error estándar del 0,5 y un intervalo de confianza del 95 %, que cumplieran con los siguientes criterios:

Inclusión:

- Pacientes con diagnóstico histológico de LIE de bajo grado en edad fértil (15 a 44 años)

Exclusión:

- Pacientes con diagnóstico cito-histológico de LIE de alto grado o lesiones de mayor grado en exocérnix.
- Pacientes inmunosuprimidas: embarazadas, HIV positivo, uso de esteroides, enfermedades del colágeno.
- Pacientes de difícil seguimiento.
- Pacientes con tratamientos previos en cuello uterino

Una vez seleccionada la muestra, previa autorización de las pacientes mediante firma del consentimiento informado, se les practicó colposcopia, y biopsia dirigida en caso de haber lesiones. Se les llenó el formulario en

el cual se registraron todos los datos de identificación y localización de las mismas, se describieron los resultados de las citologías, las colposcopias, así como los diagnósticos histológicos.

Las pacientes fueron instruidas para acudir a la consulta de ginecología cada 4 meses hasta completar el año; en todos los controles se les realizó citología, colposcopia. El estudio histológico fue realizado nuevamente sólo en caso de observar la presencia de un nuevo hallazgo citológico, o cambio colposcópico durante el período de seguimiento; y a todas las pacientes, independientemente de haber lesión endocervical visible, al final del estudio.

El estudio colposcópico fue realizado con equipos de colposcopia (Olympus,) del Servicio de Ginecología y la muestra obtenida de cuello uterino a través de biopsia fue colocado sobre papel de filtro y fijado en formol. Todas las muestras fueron analizadas en el servicio de anatomía patológica. Las pacientes que presentaron durante el estudio alguna lesión de alto grado o mayor, o aquellas que al final del mismo presentaron persistencia de las lesiones, fueron tratadas según las pautas ginecológicas correspondientes.

Todos los datos son descritos mediante frecuencias absolutas, media, desviación estándar y porcentajes, analizados y comparados mediante diferencia de Z y Chi cuadrado (X^2) para una $P < 0,05$.

2. Resultados

El Cuadro 1 describe las características epidemiológicas de la muestra en donde la edad promedio fue $36,88 \pm 11,77$ años, con extremos de 18 y 43. El promedio de edad de inicio de relaciones sexuales fue 18,36 años, el número de parejas sexuales en promedio fue 2,20 y los hábitos tabáquicos estaban presentes al momento del estudio en 28 % de las pacientes.

Cuadro 1.

Características Epidemiológicas	Estadístico	
Edad en Años	36,88+ -11,77	
Inicio de actividad sexual	18,35 +-3,38	
Número de parejas sexuales	2,20+ - 1,47	
Hábitos tabáquicos	28**	
	Frecuencia	%
Cambios Colposcópica	22	73
Control post tratamiento de LIE Bg	5	16
Citología Anormal	3	10

Así mismo, el cuadro 2 muestra las indicaciones para la realización de la biopsia. Los cambios celulares benignos fueron el hallazgo citológico más frecuente, seguido de las citologías dentro de límites normales y las células epiteliales anormales (LIE Bg), no existiendo diferencias estadísticamente significativas (X^2 0,35 $P > 0,05$).

Cuadro 2. Distribución de pacientes según las indicaciones para la realización de biopsia

Total	30	100
Z	0,57	$P > 0,05$

Al comparar la evolución citológica al año, como lo muestra la figura 1, veintidos (73%) de las pacientes al inicio del estudio presentaron hallazgos colposcópico anormales, el más frecuente fue el epitelio acetoblanco fino (EAB fino) con 6 (20%), y en menor porcentaje 2 (6%) el epitelio acetoblanco grueso (EAB grueso) con 1 caso.

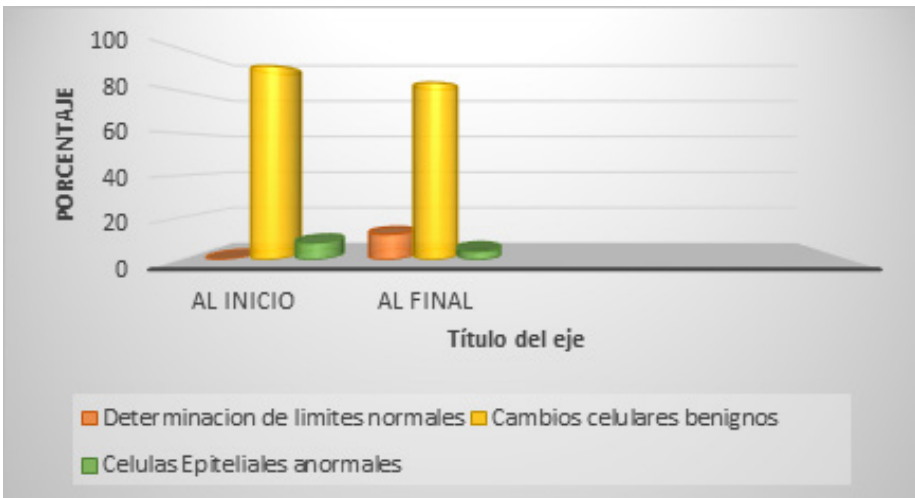


FIGURA 1. Distribución según los hallazgos citológicos. X^2 0, 35, $P > 0,05$

Al final del estudio, 22 de las 30 pacientes (76 %) no presentaron lesión alguna, 6 (20 %) presentaron como cambio colposcópico EAB fino y 1 (4 %) EAB grueso (figura2). Hubo diferencias estadísticamente significativas, cuando se comparan los hallazgos colposcópicos obtenidos al inicio y al final del seguimiento (X^2 5,33 $P < 0,05$).



FIGURA 2. Distribución según los hallazgos colposcópicos. χ^2 , 5,33 $P < 0,05$

Al inicio de la investigación, el 83% (25 pacientes) presentaron LIE de bajo grado citológico y por biopsia, y al año de seguimiento cada 4 meses 93% (28 pacientes) no presentaron LIE de bajo grado.

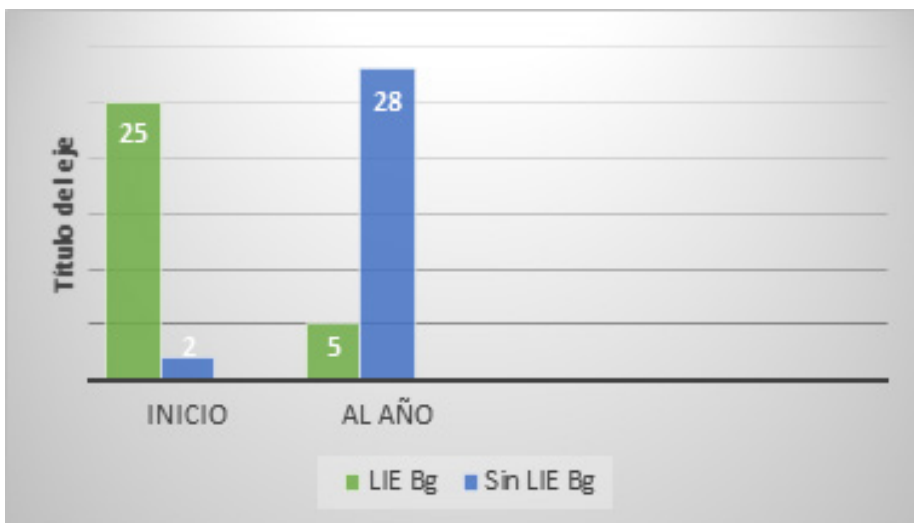


FIGURA 3. Hallazgos histológicos al inicio y al año de evaluación. (χ^2 42,59 $P < 0,05$)

Al final del estudio, se observó un 92 % de regresión de las LIE Bg endocervicales y 8 % de persistencia, no hubo casos de progresión de la enfermedad, siendo estadísticamente significativo ($Z 5,66 P < 0,05$) (Figura 4).

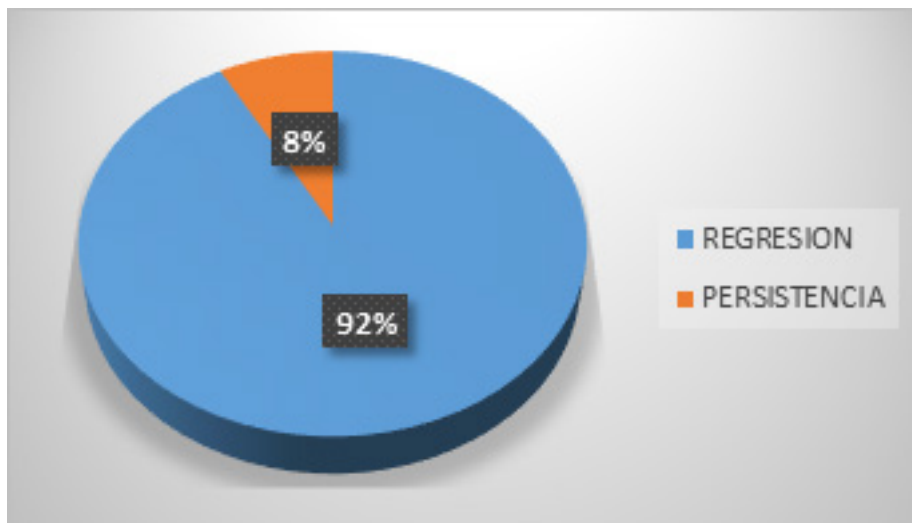


FIGURA 4. Porcentaje de Regresión y Persistencia de las LIE. (X2: 10,78 $P < 0,05$)

3. Discusión

Dentro de las lesiones premalignas, la historia natural de las LIE Bg sin tratamiento, se caracteriza por una alta tasa de regresión espontánea (57 %) y una baja progresión a lesiones de alto grado, incluyendo el cáncer (11 %) (Vasquez 2015).

No existe un método definitivo actualmente que permita identificar cuáles lesiones de bajo grado regresarán espontáneamente y cuáles persistirán o progresarán; las lesiones premalignas del cuello uterino son clasificadas por su apariencia histológica como de bajo y alto grado, pero su potencial biológico no puede ser establecido, por lo que el tratamiento de estas lesiones se hace problemático a la hora de decidir una conducta expectante o intervencionista. Según la Guía de Consenso para el manejo de la mujer con neoplasia intraepitelial cervical 2014, no hay acuerdo sobre cuál es la mejor conducta a seguir, observación o tratamiento, sobre todo en mujeres jóvenes o en situaciones especiales (sin descendencia, inmunosuprimidas, embarazadas y posmenopáusicas) con diagnóstico histológico de LIE Bg (Balwink 2014).

Debido a que la mayoría de los casos con LIE Bg regresan espontáneamente sin tratamiento, realizamos el seguimiento de 25 pacientes durante 12 meses con controles cito-colposcópicos, como lo recomienda la Sociedad Americana de Colposcopia y Patología Cervical (ASCCP) (Pecorelli 2012) y la Federación Internacional de Obstetras y Ginecólogos (FIGO), y biopsia de canal al año de seguimiento, para determinar la evolución espontánea de la LIE Bg en endocérnix. Para ello se incluyó una población cuyas características epidemiológicas fueron similares a la población estudiada por otros autores, donde el inicio temprano de las relaciones sexuales, número de parejas y hábitos tabáquicos, se han relacionado como factores predisponentes en las lesiones epiteliales del cuello uterino, y que son susceptibles de modificaciones con los programas de salud pública, en las poblaciones de riesgo (Geraetsa 2014).

Los hallazgos citológicos más frecuentes en las pacientes incluidas con diagnóstico histológico inicial de LIE Bg en endocérnix fueron los cambios celulares benignos, lo que se relaciona con lo encontrado, quienes obtuvieron citologías sin anomalías epiteliales o negativas en el 98,8 % de los casos evaluados en 24 meses de seguimiento. Estos hallazgos tienen además relación con el estudio de Geraetsa (2014), los cuales hallaron una prevalencia del 48 % de lesión intraepitelial asociada a citologías con cambios inflamatorios severos.

Al inicio del estudio se asoció lesión de exocérnix (LIE Bg) y endocérnix en 14 de las pacientes, mientras que las otras 11 presentaron lesión de endocérnix exclusivamente. Al año de seguimiento 21 casos no presentaron lesiones exocervicales ni endocervicales, 2 casos presentaron LIE Bg en exocérnix exclusivamente. De los 2 casos que presentaron LIE Bg endocervical (condiloma), uno presentó concomitantemente LIE Bg (NIC I) en exocérnix relación con la sensibilidad del estudio que ha sido señalado por múltiples autores como de 50 % - 90 % (Muñoz 2015). Además, las cifras de falsos negativos han sido señaladas por múltiples autores en un amplio rango, que van desde valores tan bajos como 6,12 % hasta cifras de 58 % (Muñoz 2015). Este rango varía en función del método de recolección de la muestra y del tipo de lesión considerada, con una más baja tasa en lesiones de alto grado y en citologías de base líquida.

Si tomamos en cuenta que en muchos aspectos epidemiológicos la patología premaligna del cérvix guarda enormes semejanzas con la epidemiología de las infecciones de transmisión sexual, las infecciones podrían enmascarar las células anormales por lo que aumentarían los falsos negativos de la citología, lo cual tiene relación con los hallazgos citológicos reportados en nuestro estudio. Dentro de la conducta establecida en estos casos, se plantea el tratamiento antibacteriano específico según la clínica, y realizar el control citológico 8 a 12 semanas postratamiento, esperando así una evaluación más confiable de las células descamadas. Sin embargo, en

vista que nuestras pacientes tenían indicaciones precisas para la biopsia de canal, decidimos no retrasar el estudio histológico, independientemente de que se les indicó el tratamiento médico adecuado. En estos casos específicos, repetir la citología posterior al tratamiento, prolongaría innecesariamente la obtención de los resultados.

En 14 pacientes se observaron cambios colposcópicos anormales en el endocérnix al inicio del estudio. De ellos 13 (86 %) fueron epitelio acetoblancos (EAB) finos, lo que tiene relación con lo encontrado en la literatura (Clifford 2013), quienes señalan que el EAB es el hallazgo colposcópico anormal más frecuente en pacientes con lesiones intraepiteliales; ello se debe a la evolución natural de las lesiones del epitelio cervical, según la cual la alteración histológica inicial ocurre como una paraqueratosis, hiperqueratosis e hiperplasia epitelial, lo que se traduce en una mucosa cervical blanca al ponerse en contacto con el ácido acético. Por otro lado, llama la atención que al final del seguimiento, no hubo hallazgos colposcópicos anormales en 19 casos, (76 %) lo cual concuerda con los hallazgos histológicos finales de regresión de la LIE Bg en 92 % de las pacientes; y en las pacientes en que persistió la lesión, el EAB fue el hallazgo colposcópico anormal encontrado.

Luego de un año de seguimiento, cuando evaluamos los resultados histológicos encontramos un 92 % de regresión, 8 % de persistencia y ninguna progresión, lo que en líneas generales concuerda con la evolución de las LIE Bg. Podemos plantear que, aunque el porcentaje de regresión obtenida es mucho mayor al reportado por la literatura en general, el comportamiento de las LIE Bg, tiene una alta tasa de regresión espontánea y bajo porcentaje de persistencia y progresión (Melnikow 2015). Cuando se habla de conducta conservadora en lesiones endocervicales, generalmente se observa resistencia por parte de los clínicos quienes temen ante las limitaciones obvias para la evaluación del canal. Las lesiones de exocérnix pueden ser vistas completamente con la frecuencia que el clínico decida, sin ninguna limitación. La colposcopia de endocérnix, por su parte, requiere una experiencia adicional en la utilización del espéculo endocervical y en el reconocimiento e identificación de las lesiones. Es posible que estas limitantes, produzcan un porcentaje de falsos negativos que aún está por establecerse y ello podría explicar el alto porcentaje de regresión que se obtuvo. Nosotros sugerimos la conveniencia de prolongar el seguimiento en el tiempo, a fin de descartar que se trate de falsos negativos.

Independientemente de ello, existe la posibilidad cierta de una alta frecuencia de regresión, la cual hace que tratamientos quirúrgicos que implican al menos la resección parcial del canal, no se justifiquen inicialmente.

Conclusiones

Las LIE Bg presentan un alto porcentaje de regresión espontánea (96 %) y baja persistencia.

Se observó un alto porcentaje de falsos negativos en relación con la citología, que puede estar en relación con la presencia de procesos infecciosos.

El cambio colposcópico anormal que se asoció con más frecuencia a LIE Bg fue el epitelio acetoblanco fino.

El 56 % de las pacientes con LIE Bg en endocérnix presentan lesiones de la misma naturaleza en exocérnix.

Por todo lo anteriormente expuesto recomendamos: 1. El tratamiento conservador de las LIE Bg endocervicales. 2. El seguimiento prolongado de estas pacientes para descartar los eventuales falsos negativos.

Referencias

- Alejo M., Sardá M., Verdaguer M., Llongueras S., Autonell J. (2014). Evolución de las lesiones escamosas de bajo grado del cérvix uterino. *Revista Española de Patología*. 37:4.
- Balkwin F. (2013). Chemokine biology in cancer. *Sem. Immunol.* 15:49-55.
- Balkwin F. (2014). Cancer and the chemokine network. *Nat. Rev. Cancer* 4:540-550.
- Barroso A. (2013). Angiogenesis tumoral. *Rev Cubana de Oncol.* 14(3):18.
- Bencomo M. (2013). *Cáncer de cuello uterino. Afecciones oncológica de la mujer*. 1era edición. Caracas. Venezuela.
- Bethesda (2001). Guías en patología cervical, basadas en el diagnóstico histológico. *Am J Obst Gynec*; 199: 29-304.
- Clifford G., Smith J., Plummer R., Muñoz M., Franceschi S. (2013). Human papillomavirus types in invasive cervical cancer worldwide: a meta-analysis. *Br J Cancer*, 88: 63-73.). *Diagnostic immunopathology*. 2nd ed. New York Raven Press York
- Geraetsa DT, Heidemanb DA, de Koninga MN, et al. High-throughput genotyping of high risk HPV. *J Clin Virol* 2014;46:S21-6
- González Merlo J., González J. (2000). *Ginecología Oncológica*. 2ª edición. España: Editorial Masson;
- González, L. (2012). Virus del Papiloma Humano. *Biología Molecular*. Hospital Clínico de Maracaibo. Dirección Docente.
- Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2012). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw-Hill. 4ta edición *México*. 90-91

- Holowaty P., Miller A. y Rohan T. (2012). Natural history of dysplasia of the uterine cervix. *J. Natl. Cancer Inst*,91,252-258.
- Méndez A. (2014). *Metodología, Guía para elaborar Diseños de Investigación en Ciencias Económicas, Contables y Administrativas*. Editor: Carlos E Méndez A y Edit. Mc. Graw-Hill Latinoamericana, SA; Bogotá (Colombia): Mc Graw-Hill.
- Melnikow J., Nuovo J., Willan A., Chan B., y Howel L. (2015). Natural history of cervical squamous intraepithelial lesions: a meta - analysis. *Obst Gynecol*. 92 (4 Pt 2),727-735.
- Mittal K., Demopoulos R., Goswani S. (2013). Proliferating Cell Nuclear Antigen (Cyclin) expresión in normal an abnormal cervical Squamos epithelia. *Am Surg Pathol*.
- Muñoz N., Bosch X.F., Herrero R., Castellsagué X., Shan K., Snijders P., Meijer C. (2015). Epidemiologic classification of human papillomavirus types associated with cervical cancer. *N Engl J Med* 348: 518-527.
- O`Brien P., Tsimonaki E., Coomber D., Millan D., Davis D., Campo M. (2014). Inmunoglobulin genes expressed by B-lymphocytes infiltrating cervical carcinomas show evidence of antigen-driven selection. *Cancer Immunol. Immunother*, 50 (10):523-32.
- Pecorelli S., Ngan H.Y.S., Hacker N.F. (2012). Staging Classifications and Clinical Practice. Guidelines for Gynaecological Cancers. FIGO Committee on Gynecologic Oncology. *Int J Gynaecol Obstet*.;70:207-312.
- Registro Institucional de Cáncer del Instituto Nacional de Cancerología (2010). Globocan.
- Salomon D., Davey D., Kurman R., Moriarty A., O`connor D., Prey M., Raab S., Sherman M., Wilbur D., Wright J. y Young N. (2014). The 2001 Bethesda system. Terminology for reporting results of cervical cytology. *JAMA*, 287, 2114-2119
- Valdespino, V., Valdespino V.E. (2014). Perspectiva actuales en el estudio y en la atención de las pacientes con cancer cervicouterino. *Ginecol Obstet Mex*. 72:29-38.
- Vásquez K., Vásquez O., Piña P., Pérez P., Alatorre T., Mendoza P. (2015). Expresión del Factor de crecimiento vascular endotelial en la progresión del cáncer cervical mediante el uso de microarreglos de tejido. *Rev Cubana Med*.156,11-12.
- Walboomers, J., Jacobs M., Manos M., Bosch F., Kummer J., Shah K., Snijders P., Peto J., Meijer C. y Muñoz N. (2012). Human papillomavirus is a necessary cause of invasive cervical cancer worldwide *J. Pathol.*, 189, 12-19.

Pseudoaneurisma de arteria femoral gigante. A propósito de un caso

*Eudomaro José Colmenares **

Alfredo José López

RESUMEN

Objetivo: Presentar un caso de un pseudoaneurisma femoral gigante de arteria femoral superficial, complicado con isquemia de la extremidad. **Caso clínico:** Paciente de 65 años con antecedentes de enfermedad coronaria, se realizó cateterismo cardiaco, utilizando arteria femoral superficial izquierda y 2 meses después presenta, dolor, edema, parestesias, equimosis de miembro inferior izquierdo, acudiendo 4 meses después al centro hospitalario. **Resultados:** Se realizó resección del pseudoaneurisma, embolectomía de arteria femoral superficial, se coloca injerto de PTFE de 5 mm, se recuperó el pulso en los vasos tibiales distales, con ITB de 0.9; estudio Doppler demostró la permeabilidad de la prótesis y vasos distales (tibiales). **Conclusión:** La cirugía continúa formando parte de las variantes terapéuticas, y en algunas ocasiones constituye la única posibilidad de tratamiento, y la incidencia de complicaciones, necesidad de hemoderivados y mortalidad disminuyen notablemente.

PALABRAS CLAVE: pseudoaneurisma; arteria femoral; prótesis de PTFE.

* Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital Universitario de Maracaibo. Profesores de la Universidad del Zulia (LUZ). Facultad de Medicina. Miembros del Comité Académico del Postgrado de Cirugía Cardiovascular del Hospital Universitario de Maracaibo, ccvcolmenareslugo@gmail.com

A case of a gigantic femoral artery pseudoaneurysm

ABSTRACT

Objective: To present the case of a gigantic femoral pseudoaneurysm on the superficial femoral artery, complicated by an ischemia of the left leg. **Case report:** a 65-years old patient with a history of coronary disease, cardiac catheterization was performed through the left superficial femoral artery, and two months later, the patient presents pain, edema, paresthesia, ecchymosis of the left leg, but he went to the hospital four months later. **Results:** a resection of the pseudoaneurysm was performed, as well as a superficial femoral artery embolectomy. A PTFE-5mm graft is applied. The pulse of distal tibial vessels was recovered with an ABPI of 0,9. Doppler demonstrated permeability in prosthesis and distal tibial vessels. **Conclusion:** The surgery is still part of the treatment and, sometimes, it is the only possibility of treatment. On the other hand, the incidence of complications, the need for blood products and mortality decrease significantly.

KEYWORDS: pseudoaneurysm; femoral artery; PTFE prosthesis.

Introducción

El pseudoaneurisma (PA) es un falso saco pulsátil que se forma posterior a la rotura de las tres capas de un vaso y es contenido por los tejidos circundantes. La arteria femoral es el vaso más comúnmente utilizado en los procedimientos intervencionistas, donde la disrupción de la arteria con el sellado incompleto de la capa media provoca la formación del falso aneurisma. Las paredes del PA están formadas por los tejidos perivasculares y elementos del coágulo que van creciendo progresivamente, y mantienen un flujo sistólico y diastólico con la luz arterial a través del cuello. Los PA también pueden estar asociados a traumatismos e infecciones (Castillo, 2015).

La formación de un pseudoaneurisma iatrógeno o postraumático ocurre cuando un sitio de punción arterial no queda sellado o cuando se presenta una lesión directa por una saliente ósea o material de osteosíntesis, lo que ocasiona una ruptura de la pared arterial y permite la salida de sangre hacia los tejidos adyacentes, formándose un hematoma pulsátil. El pseudoaneurisma no

involucra todas las paredes de un vaso sino que su pared está formada por los tejidos que lo rodean (Kedora J., et al., 2.016). El crecimiento de las técnicas endovasculares utilizando el acceso femoral ha incrementado la formación de pseudoaneurismas como complicación en 0.05 a 7.5 %, sin embargo, la incidencia de pseudoaneurismas femorales postraumáticos es desconocida (Curi M.A., et al., 2.014). El tratamiento ha sido tradicionalmente con cirugía y reparación de la arteria con cierre directo, anastomosis término-terminal o interposición de injerto. El tipo de lesión en el vaso, extensión, gravedad y estado general del paciente influirán en la planificación del tratamiento (Matsushita, M. 2.013). Es sabido que el estado funcional del paciente, así como la necesidad de transfusión preoperatoria son factores indicadores de mal pronóstico. Se recomienda la reparación quirúrgica electiva en cualquier tamaño cuando se presentan complicaciones como hemorragia, isquemia, síntomas neurológicos, compresión venosa y trombosis, embolización distal y cuando son asintomáticos con un diámetro > 2.5 cm.

Dentro de las opciones de tratamiento actual se encuentran:

- Compresión guiada por ultrasonido. Está limitada al tratamiento de pseudoaneurismas < 4 cm, aplicada en intervalos de 20 min; su eficacia es variable: 47 a 100% con un porcentaje de complicaciones hasta de 3.6% y recidiva en promedio de 8%.³ Es dolorosa, requiere de sedación intravenosa y un tiempo de compresión de entre 10 a 110 minutos; no se puede aplicar a pacientes anticoagulados por la elevada tasa de recurrencia. En un análisis de múltiples variables no se encontró que las dimensiones en el cuello o del pseudoaneurisma hubiesen influido para el fracaso en el tratamiento; llegando a ocasionar la trombosis del pseudoaneurisma en un primer evento en 83% y en sesiones subsecuentes en 95%.
- Inyección con trombina. Es un tratamiento efectivo (96%) y seguro porque el cuello siempre resulta de un diámetro menor a la cavidad del pseudoaneurisma, lo cual mantiene al trombo formado dentro de dicha cavidad. Se realiza con un volumen bajo (de 0.2 a 2.5 mL) de una solución con 1,000 U de trombina /mL. El volumen calculado de pseudoaneurismas tratados eficazmente (longitud x ancho x profundidad) fue de 0.7 a 578 cm³, con un volumen > 10.7cm³, se necesitó más de una aplicación para lograr la trombosis y puede efectuarse aun cuando el paciente está anticoagulado (Gioppato S., et al., 2.015). Este tratamiento está contraindicado cuando hay compresión venosa femoral y trombosis secundaria de la misma, debido a que es necesario eliminar la compresión del pseudoaneurisma hacia la vena.
- Stents recubiertos y endoprótesis. Son utilizados en múltiples patologías arteriales y venosas, pero se tiene poca experiencia en este tipo de lesiones. Presentan resultados a corto plazo similares a los puentes arteriales contruidos con materiales sintéticos, con estudios de permeabilidad primaria y secundaria por períodos de uno a seis años sin diferencias significativas (permeabilidad) primaria en seis años de

71.4 y 88.1%; secundaria, 88.15 y 85.9%. Pueden ser adecuados en los pacientes que no tienen un conducto venoso para la derivación del aneurisma y con una comorbilidad importante. Para evitar una endofuga tipo I se recomienda una zona de sellado proximal y distal de 2 cm, así como sobredimensionar la prótesis 10 a 15% respecto al diámetro de la arteria receptora; se deberán corregir lesiones estenóticas proximales o distales al sitio de su implantación y contar por lo menos con un vaso de salida hacia el tobillo. Estos materiales están en constante evolución y se deberá elegir los que hayan demostrado un mejor diseño para resistir las fuerzas de elongación, torsión y compresión presentes en la región femoropoplítea que provocan su fractura, predisponiendo con esto a la reestenosis y falla hemodinámica. Existen, además, materiales de PTFE e impregnados con heparina que presentan un menor de riesgo de trombosis.

- Reconstrucción quirúrgica. Es el tratamiento tradicional donde se realiza una exploración arterial y endoaneurismorrafia mediante el cierre directo con sutura 6-0 del defecto, en un gran número de casos sin necesidad de colocar un injerto de vena o protésico. Este tratamiento se realiza en pseudoaneurismas grandes que comprimen estructuras adyacentes, también cuando han fallado otros procedimientos no invasivos o cuando se presenta un factor lesivo óseo que es necesario corregir para evitar el daño a la arteria como un osteocondroma.

1. Materiales y métodos

Se trata de paciente masculino de 55 años de edad, con antecedentes de hipertensión arterial y enfermedad coronaria, con angina, se le realiza estudio de cateterismo cardíaco en miembro inferior izquierdo a través de la arteria femoral izquierda. Tres meses después comienza a presentar aumento de volumen en región inguinal y muslo izquierdo. El paciente no acude a centro hospitalario hasta 7 meses después, cuando el aumento de volumen se hace progresivo, dolor de miembro inferior izquierdo y limitación funcional (dificultad para deambular), motivo por el cual acude a la emergencia del Hospital Universitario de Maracaibo (Estado Zulia - Venezuela). A la exploración física se detectó tumoración pulsátil dolorosa en muslo izquierdo en tercio medio, área de equimosis por debajo de la región inguinal izquierda, aumento de temperatura local, coloración oscura en miembro inferior izquierdo distal, edema de miembro y pulsos distales disminuidos con un I.T.B (Índice tobillo-Brazo) de 0.5. (Fig. 1). Se realizó ultrasonido Doppler donde se observó un pseudoaneurisma procedente de la arteria femoral superficial izquierda de 10 x 12 cm, con una arteria femoral proximal al sitio del pseudoaneurisma de 5 mm de diámetro presentando flujo trifásico y velocidades pico sistólicas normales. En las arterias tibiales se observaron flujos monofásicos y de baja velocidad pico sistólico. Venas safenas internas o mayor aumentada de tamaño con flujos

fásicos muy lentos. Se realiza estudios complementarios como el ultrasonido Doppler en la cual se aprecia imagen de Yin yang, imagen hiopocogénica con flujo anterógrado y retrogrado en el cuello de pseudoaneurisma. De la misma manera se solicita exámenes de laboratorio, resultados reportados: Hemoglobina 9,1 gr/dl; Cuenta Blanca: 10,600 x10⁹/l. Fórmula Leucocitaria: Granulocitos 61%, Linfocitos: 38%, Eosinófilos: 1%; Plaquetas: 350 x 10 a la 9/ Litro. Todos los demás exámenes dentro de límites normales incluyendo el examen de orina. En vista del dolor manifestado, tumoración grande pulsátil, la limitación funcional, y lo grande de la tumoración, se decide llevar a intervención quirúrgica para exploración vascular.

2. Resultados

Posterior a el ingreso se planifica cirugía de exploración vascular, se realiza incisión longitudinal desde la región inguinal hasta tercio medio del muslo izquierdo, diéresis por plano, con disección roma, cortante y con cauterio, piel, tejido celular subcutáneo, fascia musculares hasta identificar arteria femoral común, se realiza control proximal y a nivel del Hunter se realiza control distal a nivel de la arteria poplítea (Fig.2), se realiza disección de pseudoaneurisma, posteriormente abertura del mismo obteniendo (100 cc) aproximadamente de sangre, con abundantes coágulos de gran tamaño (Fig. 3 y 4), se reseca bordes de la falsa pared del pseudoaneurisma (Fig.5), y se identifica arteria femoral superficial sana, se limpia bordes, proximal - distal y posteriormente se introduce catéter de embolectomía #5 y #6 proximal y distal obteniendo coágulos duros dentro de la arteria femoral superficial implante de prótesis injerto de PTFE de 5mm con prolene 5-0 (Fig.6). Previa Heparinización. No se utiliza injerto de safena interna por presentar paciente, Safenectomía bilateral, y safena parva de pequeño tamaño. Se deja un dren en tercio distal.



FIGURA 1. Tumoración (Pseudoaneurisma) en miembro inferior izquierdo. De 6 meses de evolución.

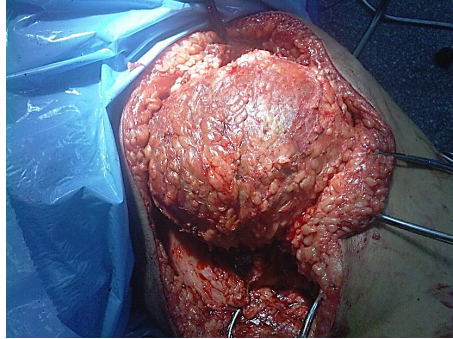


FIGURA 2. Incisión longitudinal en región inguinal izquierda hasta tercio medio de muslo. Disección roma, cortante y con cauterio, hasta identificar arteria femoral superficial izquierda.

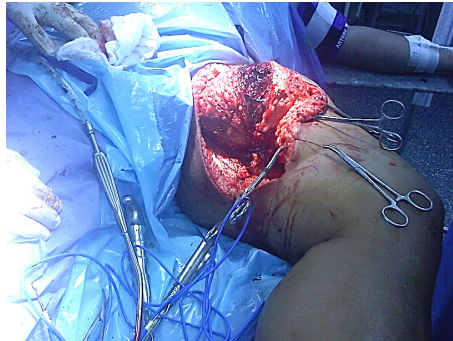


FIGURA 3. Controles proximal y distal de arteria femoral superficial izquierda. Apertura de Pseudoaneurisma.

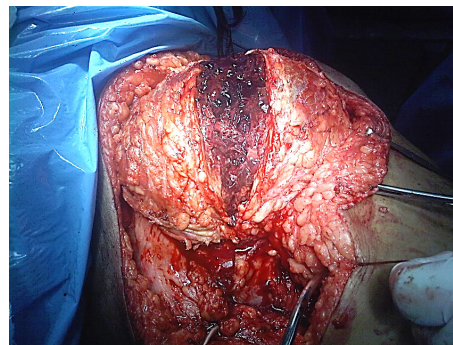


FIGURA 4. Controles proximal y distal de arteria femoral superficial izquierda. Apertura de Pseudoaneurisma. Extracción de coágulos y aspiración de pseudoaneurisma.

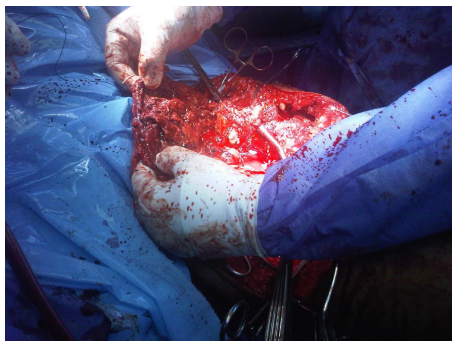


FIGURA 5. Resección de la falsa pared del pseudoaneurisma, previo controles vasculares. Realización de embolectomía proximal y distal de arteria femoral superficial izquierda.

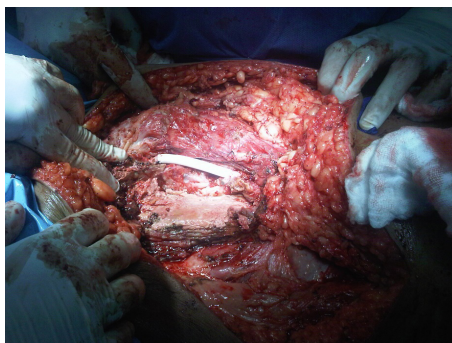


FIGURA 6. Se identifica bordes libres de arteria con buen tejido y se implanta injerto (PTFE de 5mm de diámetro y 6 cms de longitud). Previa heparnización.

3. Discusión

Se logró la resección completa del pseudoaneurisma, se implantó 5cms de prótesis de PTFE de 5 mm, recuperando una perfusión a las ramas tibiales sin compromiso. Se obtuvieron pulsos tibial anterior y posterior con un ITB postprocedimiento de 0.9 y ultrasonido Doppler reveló velocidades arteriales pico sistólicos normales, arterial. Se indica tratamiento con Antibioticoterapia, analgesia y antiagregantes: clopidogrel 75mgs una vez al día, Diosmina 500 mgs cada 12 horas. Dos meses después se realizó la evaluación, y el control Doppler reportó velocidades pico sistólico conservada y la prótesis de PTFE permeables.

Conclusión

Si bien los procedimientos incruentos tienen el protagonismo para el tratamiento del Pseudoaneurisma femoral, la cirugía continúa formando parte de las variantes terapéuticas y en algunas ocasiones, constituye la única posibilidad de tratamiento. Cuando el equipo de trabajo tiene experiencia y cumple con los principios quirúrgicos, la incidencia de complicaciones, necesidad de hemoderivados y mortalidad disminuyen notablemente.

Referencias

- Ates M., Sahin S., Konuralp C., et al. (2.014). Evaluation of risk factors associated with femoral pseudoaneurysm after cardiac catheterization. *J Vasc Surg*; 43: 520-4.
- Antonello M., et al. (2.013). Endovascular treatment of asymptomatic popliteal aneurysms: 8 year concurrent comparison with open repair. *J Cardiovasc Surg* 48(3): 267-74.
- Castillo Yujra B.J., Herbas Santiesteban. (2.015). Pseudoaneurisma crónico de la arteria femoral izquierda secundaria a trauma. Presentación de un caso. *Gac Med Bol.*; 35:84-6.
- Coughlin B.F., Paushter D.M. (2.013). Peripheral pseudoaneurysms: evaluation with duplex US. *Radiology.*; 168:339-42.
- Curi M.A., Geraghty P.J., et al. (2.014). Mid term outcomes of endovascular popliteal artery aneurysm repair. *J Vasc Surg*; 45: 505-10.
- Ersozlu S., Ozulku M. (2.013). Common peroneal nerve palsy from an untreated popliteal pseudoaneurysm after penetrating injury. *J Vasc Surg*; 45: 408-10.
- Farrar N., et al. (2.012). One year outcomes for recanalization of long superficial femoral artery chronic total occlusions with the Viabahn stent graft. *J Invasive Cardiol*; 21: 278-81.
- García Samaniego M, Pérez del Portal E. (2.015). Fernández Balbin H, Bautista Sánchez F, Sánchez Pineda C, Gloria Olivares E. Compresión con guía ecográfica, como tratamiento del pseudoaneurisma femoral post cateterismo. *Rev Peru Cardiol.*; 34:113-21.
- Gioppato S., Munhoz A., et al. (2.015). Percutaneous treatment of pseudoaneurysms by Ultrasound-guided thrombin injection. *Rev Bras Cardiol Invasiva*; 18:165-70.
- Hajarizadeh H., La Rosa C.R., et al. (2.012). Ultrasound guided compression of iatrogenic femoral pseudoaneurysm failure, recurrence, and long term results. *J Vasc Surg*; 22: 425-33.
- Hamraoui K, Ernst S.M., van Dessel P.F., et al. (2.014). Efficacy and safety of percutaneous treatment of iatrogenic femoral artery pseudoaneurysm by biodegradable collagen injection. *J Am Coll Cardiol.* 2002; 39:1297-304.
- Hung B., Gallet B., Hodges T.C.(2.012). Ipsilateral femoral vein compression: A contraindication to thrombin injection of femoral pseudoaneurysms. *J Vasc Surg* 35:1280-3.

- Kedora J., et al. (2.016). Randomized comparison of percutaneous Viabahn stent grafts vs. prosthetic femoro popliteal bypass in the treatment of superficial arterial occlusivedisease. *J Vasc Surg*; 45(1): 10 6.
- Kang S.S., Labropoulos N. (2.012). Expanded indications for ultra sound guided thrombin njection of pseudoaneurysms. *J Vasc Surg*; 31: 289 98.
- Kapoor B.S., Haddad H.L., Saddekni S., Lockhart M.E. (2.013). Diagnosis and management of pseudoaneurysms: an update. *Curr Probl Diagn Radiol.*; 38:170-88.
- Matsushita M. (2.013). Pseudoaneurysm of the popliteal artery caused by exostosis of the femur: case report and review of the literature. *J Vasc Surg*; 32: 201 4.
- Pan M., Medina A., Suárez de Lezo J., Romero M., Segura J., et al. (2.013). Obliteration of femoral pseudoaneurysm complicating coronary intervention by direct puncture and permanent or removable coil insertion. *Am J Cardiol.*; 80:786-8.

50 aniversario del primer trasplante exitoso de riñón en Venezuela*

Por primera vez en Venezuela

Le trasplantaron con éxito un riñón a un paciente del Universitario

Tras una laboriosa intervención quirúrgica en equipo le implantaron el órgano sano extraído a una persona que pereció recientemente en un accidente automovilístico.

El primer trasplante de riñón de un ser humano a otro que se realiza en Venezuela, se llevó a cabo en el Hospital Universitario de Maracaibo por un equipo de médicos**.

El trasplante, que es el suceso más espectacular y más promisor de la cirugía moderna y que tiene como objeto trasponer un órgano sano para reemplazar al que ha estado afectado intensamente, ha tenido en esta oportunidad el éxito más rotundo.

Los médicos que llevaron a cabo tan importante hecho, son nefrólogos, urólogos, cirujanos cardiovasculares, cirujanos generales, cardiólogos y otros del personal del Hospital Universitario***.

La operación se realizó en la persona del venezolano Roseliano Ulacio, de 54 años de edad, quien ingresó al Hospital Universitario hace cinco meses.

Para ese entonces, los estudios revelaron que el paciente tenía una enfermedad cancerosa del riñón derecho, que en su caso era el único que

NOTAS ACLARATORIAS DEL EDITOR:

*Fuente: Diario Panorama. Año LII, Número 16.940. Maracaibo, 30 de agosto de 1967. Transcripción de nota de prensa.

**El procedimiento se llevó a cabo el 28 de agosto de 1967.

***Se trata de los doctores: Bernardo Rodríguez Iturbe, Rafael García, Humberto Rivera, Helman Serrano, Guillermo Vera Rodríguez, Enrique Parra Bernal, Alfonso Rodríguez y la enfermera Katty Shwing.

tenía y el cual fue necesario extirpar, manifestándose por hemorragias que habían hecho descender las cifras de glóbulos rojos a niveles sumamente bajos, a pesar de repetidas transfusiones.

En el Universitario, para esa fecha, ya existían programas encaminados a conseguir el trasplante de órganos, pero esta situación hizo urgente la constitución de un grupo encargado de desarrollar esta idea con el propósito de tratar especialmente ese caso.

El paciente Ulacio, quien en otras circunstancias hubiera muerto en Uremia a los ocho días, logró ser mantenido con vida 4 meses, gracias a los procedimientos de Diálisis Crónica (riñón artificial), al cual era sometido una o dos veces por semana para librar la sangre de urea y otros productos tóxicos, mientras se conseguía un riñón adecuado.

Los órganos trasplantados tienden a ser rechazados por el receptor debido a procesos inmunológicos, desencadenados en el huésped, siendo por este motivo preferible que entre el dador y el receptor, exista cierta consanguinidad, o por lo menos, sean del mismo grupo de sangre.

Aunque han sido utilizados dadores vivos voluntarios, es preferible tomar los órganos de personas muertas recientemente, que no estén sufriendo infecciones o enfermedades indignas, y que puedan reproducirse en el sujeto. Por estas razones, se tomó en este caso el riñón de una persona recién muerta en un accidente, y la cual ingresó al hospital en estado de coma, sin esperanza de salvación.

Este acontecimiento quirúrgico, que ha hecho estremecer de entusiasmo a la colectividad, se produce gracias a la tesonera labor de un grupo de especialistas con que cuenta actualmente el Hospital Universitario, aun cuando entre ellos se traduce cierto malestar por la falta del equipo necesario para estas labores que requieren alta precisión.

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. También se podrá presentar el trabajo

dirigiéndolo a los siguientes correos electrónicos: revistadeluz@gmail.com; revistauniversidaddelzulia@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. 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.

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 claves; indica 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.						