



# REVISTA TÉCNICA

## DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada  
que está indizada en las publicaciones  
de referencia y comentarios:

- SCOPUS
- Compendex
- Chemical Abstracts
- Metal Abstracts
- World Aluminium Abstracts
- Mathematical Reviews
- Petroleum Abstracts
- Current Mathematical Publications
- MathSci
- Revenct
- Materials Information
- Periódica
- Actualidad Iberoamericana

UNIVERSIDAD DEL ZULIA



REVISTA TÉCNICA  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Hacia los 130 años de creación de la Universidad del Zulia

"Buscar la verdad y afianzar los valores trascendentales", misión de las universidades en su artículo primero, inspirado en los principios humanísticos. Ley de Universidades 8 de septiembre de 1970.

## Evaluation of a feeding system based on fuzzy logic

Hugo Rolando Sánchez Quispe\* , Dalton Euclides Sarango Guaman  y Mirian Isabel Cucuri Pushug 

Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Sede Orellana, Ciudad el Coca  
220150, Ecuador

\*Autor de Contacto: hugo.sanchez@epoch.edu.ec

<https://doi.org/10.22209/rt.ve2020a01>

Recepción: 31/10/2019 | Aceptación: 14/01/2020 | Publicación: 01/03/2020

### Abstract

Animal feeding is one of the most important components of poultry production systems, diffuse logic using pattern recognition should improve these feeding systems. A diffuse controller based on artificial vision was designed and evaluated to identify the presence of chickens and dose their feeding, a completely randomized design was made where a diffuse controller was compared with a traditional feeding system, 20 sheds were evaluated in sectioned and non-sectioned environments of 10 and 50 chickens respectively, evaluating small and large chickens, fed 6 and 3 times a day. The results show an accuracy of 95% in the recognition of patterns in sectioned environments with a percentage of delivery similar to the traditional system, in non-sectioned environments the delivery rate was similar but the recognition of chickens was less than 40% which affected its efficiency.

**Keywords:** animal nutrition; efficiency; optimization; portions.

## Evaluación de un sistema de alimentación avícola basado en lógica difusa

### Resumen

La alimentación animal es uno de los componentes más importantes de los sistemas de producción avícola, la lógica difusa usando reconocimiento de patrones mejora estos sistemas de alimentación. Se diseñó y evaluó un controlador difuso basado en visión artificial para identificar la presencia de pollos y dosificar su alimentación, se realizó un diseño completamente aleatorizado donde se comparó un controlador difuso con un sistema de alimentación tradicional, se evaluaron 20 galpones en ambientes seccionados y no seccionados de 10 y 50 pollos respectivamente, evaluando pollos pequeños y grandes, alimentados 6 veces y 3 veces al día respectivamente. Los resultados muestran una precisión de un 95% en el reconocimiento de patrones en ambientes seccionados con un porcentaje de entrega similar al sistema tradicional, en ambientes no seccionados la tasa de entrega fue similar pero el reconocimiento de pollos fue menor al 40% lo que afectó la eficiencia del mismo.

**Palabras clave:** optimización; eficiencia; nutrición animal; raciones.

## Introducción

Uno de los principales objetivos de los sistemas de producción de pollos de engordes es lograr que la producción sea lo más rápida posible y con una adecuada ganancia de peso [1], en este sentido el sistema de producción debe ser lo suficientemente eficiente en suplir los requerimientos de energía y proteínas [2].

El uso de la lógica difusa ha sido empleada con éxito para mejorar la eficiencia en el suministro de cantidad y cantidad de alimentos, [3] evaluaron un dispositivo que permitía identificar y dosificar los componentes químicos en la suplementación de alimentos.

La inteligencia artificial basada en la lógica difusa es más eficiente que los sistemas de alimentación tradicionales [4], dado que modela sistemas donde la respuesta no es lineal, esto en el caso de los sistemas de producción avícola permite un mejor reconocimiento de los patrones de consumo de los pollo, aumentando la eficiencia en el consumo de alimento y disminuyendo las pérdidas [5].

En el caso del Ecuador, los criaderos avícolas constituyen una de las actividades más importantes en el sector agropecuario [6], identificándose diferentes sistemas de producción en función de la capacidad instalada y el grado de conocimiento del productor, en todos estos sistemas de producción la alimentación constituye uno de los elementos más importante en la estructura de costos.

En los sistemas avícolas uno de los aspectos donde más se ha avanzado es la formulación de raciones alimentación y los sistemas de dosificación de alimentos [7], dado que esto constituye un factor clave para la minimización de los costos y el aumento de la ganancia de peso, así como la velocidad de crecimiento de los pollos de engorde

En este sentido [8], afirman que la introducción de galpones automáticos o automatizados, para aumentar la capacidad productiva, reduciendo costos y maximizando beneficios; siendo la automatización es una herramienta que permite hacer uso de la tecnología con el fin de optimizar tiempo y recursos, generando mayor beneficio [9].

Entre la innovaciones tecnológicas en los sistemas de producción avícola está el uso de la lógica difusa, la cual estaba basada en el reconocimiento de patrones mediante el cual se establecen dispositivos que pueden determinar el comportamiento del entorno mediante la identificación de formas [10], estos es importante en la alimentación

avícola dado que los el patrón de los pollos no es lineal, sino que responde a un sistema de lógica difusa

La lógica difusa es un sistema matemático que modela funciones no lineales, que convierte unas entradas en salidas acordes con los planteamientos lógicos que usan el razonamiento aproximado [11]. Su aplicación está enfocada especialmente para sistemas de control complejos que no tengan definido un modelo matemático preciso ya que una de las principales ventajas al utilizar lógica difusa, son las salidas que ofrece permitiendo un control mucho más veloz y preciso pudiendo adelantarnos a los hechos [12].

Es por esta razón, se propone la implementación de un controlador basado en la herramienta de la lógica difusa como es el reconocimiento de patrones para mejorar el abastecimiento de insumos alimentarios en galpones avícolas.

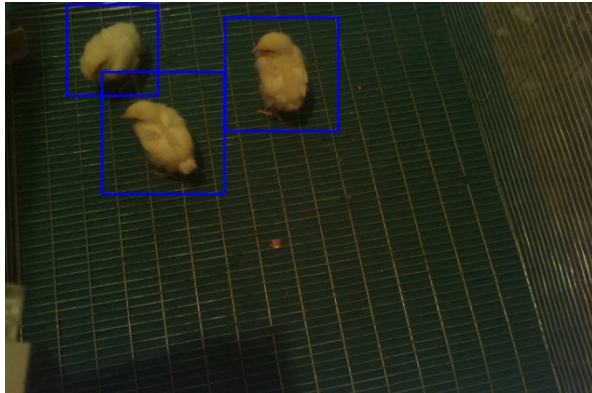
## Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en la provincia de Chimborazo ubicada en la parte central del Ecuador. Para la evaluación del sistema de alimentación difusa se evaluó un controlador durante 6 semanas, en pollos de engorde de tamaños pequeño y grande, se utilizó el sistema de lógica difusa (haar cascade) para la diferenciación el tamaño. El sistema de alimentación fue comparado con un sistema tradicional, para lo cual se seleccionaron dos áreas, una seccionada y otra sin seccionar; el área seccionada corresponde a un área de 10 pollos de engorde por m<sup>2</sup> dentro del galpón; en total se tomaron 20 galpones por cada sistema de alimentación, mientras que el área no seccionada equivale a un galpón con capacidad de 50 pollos de engorde, el cual fue replicado 20 veces, la dosificación de alimentos se realizó 6 veces al día para los pollo pequeños y 3 veces al día para los pollos grande, con una ración de 130 gramos por cada pollo pequeño y 900 gramos para pollo grandes.

### Levantamiento de los datos

Dada la disponibilidad física tanto de las especies como de los insumos requeridos, no fueron necesarias las simulaciones, sino que la medición se realizó directamente sobre la población con ambientes seccionados de 1 metro cuadrado por cada 10 pollos para el caso de ambiente seccionado y en una población de 50 pollos en los ambientes sin seccionar, a los que se les dio seguimiento durante 1 semana.

Para el reconocimiento y clasificación de los pollos, tanto en el ambiente seccionado y sin seccionar, se utilizó el sistema de lógica difusa denominado cascada (haar cascade) de open\_cv entrenada previamente (Figura 1).



**Figura 1.** Reconocimiento de patrones y clasificación de pollos de gordes en ambientes seccionados.

### Definición del sistema de control

El sistema permite controlar las variables de entrada, que son las imágenes capturadas por la cámara de Raspberry Pi, las cuales son usadas para el reconocimiento y clasificación de los pollos mediante visión artificial, el microprocesador (Raspberry Pi) procesó la información e interpreto las variables de salida de control, que en este caso define la cantidad y tiempo de suministro de alimento y agua.

### Diseño del controlador difuso

El control difuso que se diseñó e implementó es un controlador del tipo proporcional, la entradas para el funcionamiento es el número de pollos procesados por el algoritmo de reconocimiento. La estructura del controlador difuso estuvo en función de los datos que se obtuvo en el reconocimiento de patrones y que permitió definir el tiempo de apertura de la válvula para el abastecimiento de insumos.

### Variables lingüísticas

Se tomó en cuenta el principio básico del funcionamiento de la válvula de abastecimiento de insumos, posteriormente se transformaron los datos analógicos a digitales, considerando que la lógica difusa interpreta valores entre 0 y 1, la modulación del ancho de pulso en función del voltaje se realizó con la librería de Python (RPI.PWM) a través del acceso directo de memoria de la Raspberry (DMA).

### Conjuntos difusos

Para el propósito se utilizó la función trapezoidal y la función triangular por lo que su relación quedó de la siguiente manera:

ERROR: ENP= trapf (0,0;0,0, 260,0; 300,0);  
 EC=trianf (-20,0; 0,0; 20,0) y EPG=trapf (260,0;  
 300,0; 300,0; 300) y VOLTAJE: M\_1 (VNP)=tra  
 pf(-0,75;-0,75;0,5;0,25); M\_2 (VC)=trianf(-0,25;0;0,25);  
 M(VPG)=trap(0;0,25;0,5;0,5).

### Entorno hardware del sistema de control

El hardware utilizado en el control difuso fue un Raspberry Pi 3, servomotores, sensores de peso, cámara de Raspberry Pi y los conversores AC/DC y herramientas informáticas de computación como router y putty; la programación se realizó en PHYTON, que junto Open CV son herramientas muy potentes en el reconocimiento de patrones. El patrón para el reconocimiento de patrones fueron las sombras que forman los pollos dentro de espacio de análisis de tal manera que el sistema está diseñado para analizar el número de pixeles que tiene la imagen capturada por la cámara de Raspberry Pi.

Las variables consideradas en el controlador fueron el número de pollos y el voltaje que necesita el servomotor para su apertura y abastecimiento de insumos avícolas, las mismas fueron establecidas de la siguiente manera: Variables de entrada. La imagen, número de pollos y variables de salida. Señal (PWM).

### Diseño del reconocimiento de patrones

El patrón utilizado para el reconocimiento de los pollos fue la sombra y forma de la misma producida por los pollos, se descartó características como el color ya que su cambio entre el amarillo y el blanco no es uniforme provocando un problema al momento de clasificarlos como un pollo grande o pequeño. El reconocimiento de patrones constó de 5 procesos considerando que  $x(s)$  son las entradas que para la investigación se considera el entorno del galpón avícola por lo que  $y(s)$  es la salida o los resultados del reconocimiento de patrones.

En el primer proceso consistió en almacenar las imágenes capturadas del entorno real del ambiente seccionado y el galpón avícola, para este fin se utilizó la cámara de Raspberry Pi, tomando en cuenta que en visión artificial las imágenes siempre tienen ruido producido por la iluminación y el enfoque de la cámara, previo a ello se hizo un pre-procesamiento, mediante cascada de OpenCV para eliminar el ruido, sabiendo que para el proyecto se trabaja con imágenes capturadas en entornos reales por la cámara de Raspberry Pi, además en este proceso se realizó la extracción de las características, tales como; las sombras producidas por los pollos en el ambiente de investigación, el análisis de dichas características se realiza por la saturación de colores.

### Análisis de variables

Las variables utilizadas para comparar los resultados

entre el sistema de alimentación nominal (convencional) y el sistema basado en lógica difusa, tanto en ambiente seccionados como no seccionados fueron el porcentaje de reconocimiento de pollo clasificación de pollos en función de pollos, la cantidad de alimento estimado con la cantidad de alimento ofertado y la cantidad de agua suministrada, lo cual permitió determinar la eficiencia del sistema.

## Resultados y Discusión

### Evaluación en ambientes seccionados

Previo a la evaluación del consumo de alimento de pollos grandes y pequeños en ambientes seccionados, se evaluó el patrón de reconocimiento basado en visión artificial, cuyos resultados se observan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Reconocimiento de pollos mediante visión artificial en ambiente.

| Parámetro                                    | Ambiente seccionado |
|--|---------------------|
| Número de experimentos                       | 20                  |
| Número de reconocimientos de pollos pequeños | 180 pollos          |
| Número de reconocimientos pollos grandes     | 185 pollos          |
| Pollos pequeños no reconocidos               | 20 pollos           |
| Pollos grandes no reconocidos                | 15 pollos           |
| Porcentaje de detección pequeños             | 90%                 |
| Porcentaje de detección grandes              | 92,5%               |

Los resultados de la Tabla 1, muestran que el sistema de visión artificial fue eficiente en el reconocimiento y separación de pollos al lograr un porcentaje de reconocimiento de 90 y 92,5 % respectivamente, el patrón de reconocimiento y una adecuada separación de los pollos permite una mejor eficiencia del sistema de alimentación.

Con éxito [13] usaron el sistema de visión artificial para el sexado de pollos, mediante un algoritmo para el sexado a través de análisis de imagen para la identificación y selección de patrones morfométrico, [14] también usaron exitosamente la visión artificial para la identificación de huevos dobles en un sistema de producción de patos.

En la Tabla 2, se observa al evaluar el sistema de alimentación usando el controlador difuso que en promedio el porcentaje de eficiencia fue de 98,82 % con una tasa de sobreestimación de 1,18 %, la cual fue mayor durante las primeras horas del día y que puede usar a procesos fisiológicas que estimulan la alimentación de los pollos en horas de la mañana.

**Tabla 2.** Consumo de alimentos de pollos pequeños bajo sistema de control difuso

| Hora  | Caudal (gr s <sup>-1</sup> ) | Estimados (gr) | Entregado (gr) | Tiempo Abierto (s) | Balance         |
|-------|------------------------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------|
| 6:00  | 146                          | 1300           | 1352,9         | 8,9                | +52,9 (4,09%)   |
| 10:00 | 146                          | 1300           | 1301,4         | 8,9                | +1,04 (0,08 %)  |
| 14:00 | 146                          | 1300           | 1307,26        | 8,9                | +7,26 (0,55 %)  |
| 18:00 | 146                          | 1300           | 1302,13        | 8,9                | +2,13 (0,16%)   |
| 22:00 | 146                          | 1300           | 1308,16        | 8,9                | +8,16 (0,62 %)  |
| 2:00  | 146                          | 1300           | 1320,63        | 8,9                | +20,63 (1,58 %) |

De igual forma [4], evaluaron un controlador automatizado para la alimentación de pollos el cual fue evaluado y comparado con un sistema manual en términos de sobrealimentación y tiempo de dispensación de insumos, el resultado encontrado fue una evaluación exitosa del sistema mecatrónico al encontrar un tiempo de 1 segundo adicional al compararlo con el sistema manual y de 0,50 % en la sobreoferta de alimentos.

Cuando se evalúa el consumo de alimentos con el controlador difuso pero en pollos grandes en ambientes seccionados se observa un aumento en la eficiencia del sistema de alimentación la cual aumenta a 99,70 % con una tasa de sobrealimentación de 0,30% que al igual que el caso de los pollos pequeños fue observada en las primeras horas del día (Tabla 3).

Al evaluar un controlador automático en comparación a un controlador difuso y un sistemas sin mecanismo de control, [5] encontrando que en los sistemas de alimentación sin controladores el comportamiento fue inadecuado, ellos encontraron que un controlador PID fue más eficiente que el sistema de control difuso, pero con una mayor tasa de sobre alimentación (6,89 %) en comparación al 0,50 % encontrado en el controlador difuso, sin embargo ambos sistemas fueron más eficientes que el sistema convencional.

**Tabla 3.** Consumo de alimentos de pollos grande bajo sistema de control difuso

| Hora  | Caudal (g s <sup>-1</sup> ) | Estimados (g) | Entregado (g) | Tiempo Abierto (s) | Balance        |
|-------|-----------------------------|---------------|---------------|--------------------|----------------|
| 6:00  | 158                         | 9000          | 9057,13       | 8,9                | +57,13 (0,63%) |
| 16:00 | 158                         | 9000          | 9016,16       | 8,9                | +16,16 (0,18%) |
| 24:00 | 158                         | 9000          | 9007,46       | 8,9                | +7,46 (0,08 %) |

En el caso del consumo de agua se observa en la Tabla 4 que ocurrió un déficit de consumo en las primeras

horas de la mañana que representó el 1,81 %, mientras que en el resto de la evaluación se observó una sobreestimación del consumo de agua, la eficiencia del sistema se ubicó en 99,08 % con una tasa de error de (-0,92 %).

permite controlar otros parámetros como temperatura, luz, humedad etc., y como se observó en la Tabla 5 al compararlo con los resultados obtenidos en sistemas convencionales la tasa de error no supera el 0,5 %.

**Tabla 4.** Abastecimiento de agua en pollos pequeños bajo sistema de control difuso

| Hora  | Caudal (gr s <sup>-1</sup> ) | Estimados (gr) | Entregado (gr) | Tiempo Abierto (s) | Balance          |
|-------|------------------------------|----------------|----------------|--------------------|------------------|
| 6:00  | 26                           | 2340           | 2297,53        | 90                 | -42,47 (-1,81 %) |
| 10:00 | 26                           | 2340           | 2343,73        | 90                 | 3,73 (0,15)      |
| 14:00 | 26                           | 2340           | 2342,86        | 90                 | 2,86 (0,12)      |
| 18:00 | 26                           | 2340           | 2348,26        | 90                 | 8,26 (0,35%)     |
| 22:00 | 26                           | 2340           | 2347,43        | 90                 | 7,43 (0,31%)     |
| 2:00  | 26                           | 2340           | 2339,00        | 90                 | -1,00 (-0,04%)   |

Las bondades de los sistemas automatizados son señaladas por [15] para el suministro de agua en galpones avícolas ya que reduce las pérdidas de agua, regula la cantidad y tiempo de suministro, mejora las condiciones sanitarias, homogeniza el tamaño de las aves, reduce el costo de mano de obra en los galpones, reduce el stress, sin embargo a pesar de ello solo 9,73 % de los agricultores en el caso de Nigeria usan bebederos automatizados, siendo las causas escaso conocimiento técnico, falta de acceso a crédito e inadecuadas condiciones de electricidad, situación similar se presenta en el Ecuador, donde a pesar de las ventajas de estos sistemas, la mayoría de las granjas avícolas están en manos de pequeños productores de un bajo nivel técnico y en zonas de acceso remoto.

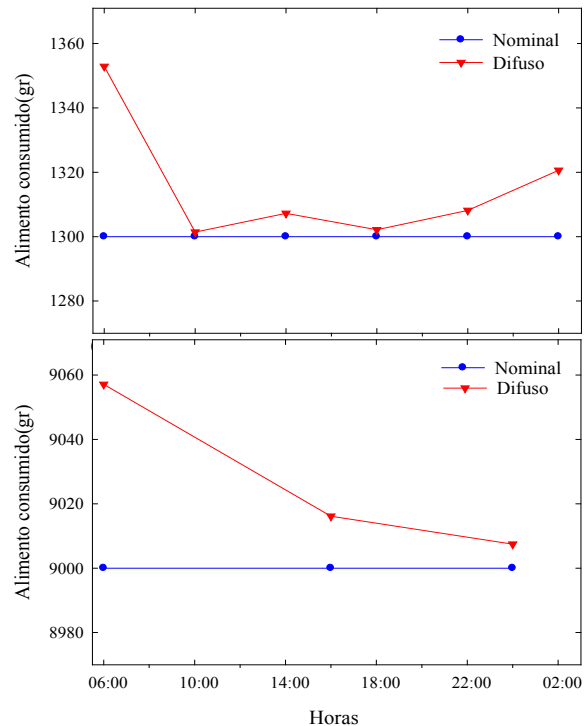
En el caso de los pollos grandes al igual que lo observado en el consumo de alimentos se observa en la Tabla 5 una mayor eficiencia del sistema de alimentación usando lógica difusa el cual fue de 99,95 % con una tasa de error de 0,05 %, cuya sobre estimación al igual que lo observado en casos anteriores ocurrió durante las primeras horas de alimentación

**Tabla 5.** Abastecimiento de agua de pollos grande bajo sistema de control difuso

| Hora  | Caudal (gr s <sup>-1</sup> ) | Estimados (gr) | Entregado (gr) | Tiempo Abierto (s) | Balance        |
|-------|------------------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
| 6:00  | 26                           | 16200          | 16215,46       | 623,1              | +15,46 (0,09%) |
| 16:00 | 26                           | 16200          | 16203,96       | 623,1              | +3,96 (0,02%)  |
| 24:00 | 26                           | 16200          | 16204,13       | 623,1              | +4,13 (0,03 %) |

La eficiencia en el diseño y uso de bebederos basado en lógica difusa han sido usados con éxito en la India, usando incluso sistemas similares al de la presente investigación como Raspberry Pi2, [16] señalan que las ventajas de estos sistemas es que provee información más rápida y precisa a los productores, ya que se conecta a una serie de sensores ambientales, es de bajo costo y fácil adquisición, además como se mencionó previamente

Cuando se compara el sistema de alimentación de logica difusa (Figura 2) con el sistema de alimentación nominal, observamos que tanto para pollos grandes como para pollos pequeños existe una sobreoferta de alimentos en el sistema de logica difusa, pero que en ningun caso la tasa de error supera el 2 % lo que confirma la eficiencia del sistema de alimentación.

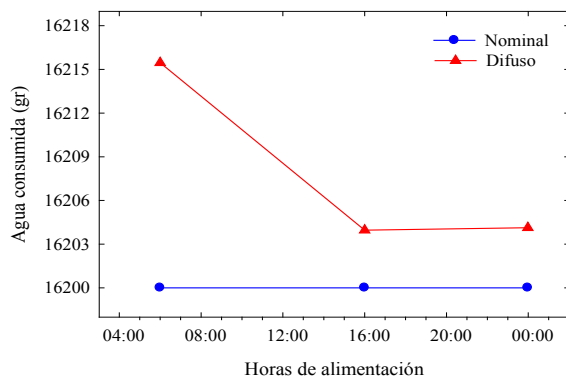


**Figura 2.** Comportamiento del sistema bajo control difuso vs alimentación nominal en pollos pequeños (A) y grandes (B) en ambiente seccionados.

Diversos autores [4] [17] [18], ratifican las ventajas del uso de sistemas basado en lógica difusa para sustituir los sistemas manuales, por la reducción

de los costos generados por la mano de obra usada en los sistemas convencionales, mejorando la relación beneficios/costos, en segundo lugar por la reducción en el tiempo empleado para el suministro de la alimentos, así como el control de parámetros ambientales asociados al uso de sensores para el registro de temperatura, humedad etc., todo esto se traduce en que estos sistemas sean más eficiente, esos sistemas automatizados han sido usado con éxito en sistemas de riego y control de invernadero.

En relación al consumo de agua al comparar ambos sistemas se observa un excedente con el sistema de lógica difusa en comparación al sistema nominal (Figura 3), sin embargo la eficiencia de abastecimiento de agua al igual que lo reportado para el abastecimiento de alimentos, esta en los rangos normales establecido en los estándares de calidad.



**Figura 3.** Comportamiento del consumo de agua en pollos de engorde bajo sistema de control difuso y alimentación nominal.

### Evaluación en sistemas no seccionados

Cuando se evaluó el sistema de alimentación en ambiente no seccionados, lo primero que resalta es una disminución en la capacidad del sistema de visión artificial para el reconocimiento y separación de pollo, los resultados se observan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Reconocimiento de pollos mediante visión artificial en ambiente no seccionado.

| Parámetro                                    | Ambiente seccionado |
|--|---------------------|
| Número de experimentos                       | 20                  |
| Número de reconocimientos de pollos pequeños | 432 pollos          |
| Número de reconocimientos pollos grandes     | 346 pollos          |
| Pollos pequeños no reconocidos               | 568 pollos          |
| Pollos grandes no reconocidos                | 654 pollos          |
| Porcentaje de detección pequeños             | 43,2 %              |
| Porcentaje de detección grandes              | 34,6%               |

Se observó una disminución la eficiencia del patrón de reconocimiento de 92,5 y 90 % cuando se usó la visión artificial en ambiente seccionados a valores de reconocimiento de 42,2 % y 34,6 % en ambientes no seccionados con 50 pollos, no obstante una menor eficiencia en el reconocimiento y clasificación de los pollos se traduce en un funcionamiento inadecuado del sistema de alimentación basado en lógica difusa.

El controlador difuso dispensa una cantidad de alimento estadísticamente similar a la cantidad estimada, el error absoluto es alto dado que más de la mitad de la población de aves no pudo ser identificada, lo cual conlleva a una subestimación en la cantidad de alimento ofertado lo cual se traduce en una menor ganancia de peso. En este sentido es necesario mejorar las condiciones de software y hardware para mejorar el patrón de reconocimiento, la cámara para la toma de imágenes tiene que ser de una alta resolución,

El ángulo de la cámara es importante se debe fijar a 45 grados, de tal forma que el enfoque a este ángulo permita obtener una mejor toma, con el mismo principio la altura de la cámara debe ser de tal manera que no se mueva absolutamente, su cambio de posición influye en el reconocimiento de patrones, afectando la clasificación de entre pollo grande o pequeño incidiendo directamente al abastecimiento de alimentos.

Otro parámetro fundamental en referencia al reconocimiento de patrones es tener una buena iluminación, se sugiere una cámara por grupo de aves en el ambiente seccionado, la implementación de la luz se podría controlar de mejor manera.

Cuando se evalúa el consumo de alimento en pollos pequeños en ambiente seccionado se observa una tasa de sobrealimentación de 1,18 % (Tabla 7) si embargo como se explicó previamente el patrón de reconocimiento de visión artificial no fue eficiente para la identificación de pollos, lo cual se traduce en un déficit en la oferta alimenticia diaria.

**Tabla 7.** Consumo de alimentos de pollos pequeños bajo sistema de control difuso en ambiente no seccionado

| Parámetros evaluados                         |          |
|--|----------|
| Número de galpones                           | 20       |
| Número de reconocimientos de pollos pequeños | 432      |
| Consumo de alimento estimado (g)             | 56160,00 |
| Cantidad de alimento entregada (g)           | 56825,85 |
| Balance                                      | 665,60   |
| Exceso de alimento (%)                       | 1,18     |

Al igual que lo observado para los pollos pequeños en el ambiente no seccionado se observó que el

controlador difuso es eficiente en la entrega de alimentos al compararlo con la cantidad de alimento estimados (Tabla 8) al presentar un error de 0,19 %, sin embargo si se analiza en función de la eficiencia del sistema de reconocimiento visual se obtiene un alto déficit en la oferta de alimentos lo cual hace inviable el sistema.

**Tabla 8.** Consumo de alimentos de pollos grandes bajo sistema de control difuso en ambiente no seccionado

| Parámetros evaluados                         |           |
|--|-----------|
| Número de galpones                           | 20        |
| Número de reconocimientos de pollos pequeños | 365       |
| Consumo de alimento estimado (g)             | 32850     |
| Cantidad de alimento entregada (g)           | 329482,46 |
| Balance                                      | 654       |
| Exceso de alimento (%)                       | 0,19      |

## Conclusiones

El sistema de control difuso fue más eficiente en la alimentación de pollos grandes, al observarse menos tasas de sobrealimentación cuando fue comparado con el sistema tradicional, tanto en ambientes seccionados como no seccionados

En ambientes seccionados como no seccionados, el sistema de control difuso presentó una eficiencia superior 95 %, sin diferencias estadísticamente significativas en cuanto al sistema tradicional, lo que constituye una alternativa para el manejo de sistemas de alimentación avícola por el costo que representa en la disminución de mano de obra.

En la alimentación de pollos grandes, como en pollos pequeños, la mayor tasa de sobrealimentación se observó durante las primeras horas, por lo que el patrón de reconocimiento pudo ser afectado por condiciones fisiológicas que afectan el comportamiento animal.

El consumo de agua fue similar en ambos sistemas, independientemente de la edad de los pollos observando una tasa de sobre consumo en las primeras horas del día en comparación al sistema tradicional.

En los ambientes no seccionados el sistema de reconocimiento fue ineficiente lo que conlleva a un déficit en la cantidad real de alimento entregado, lo que puede afectar la ganancia de peso y la homogeneidad del tamaño y peso de las aves dentro del galpón.

## Referencias Bibliográficas

- [1] Medina, N. M., González, C. A., Daza, S. L., Restrepo, O. y Barahona, R.: "Desempeño productivo de pollos de engorde suplementados con biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* derivada de la fermentación de residuos de banano". Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Vol. 61, No. 3 (2014), 270-283.
- [2] Torres, D.: "Exigencias nutricionales de proteína bruta y energía metabolizable para pollos de engorde". Revista de investigación agraria y ambiental, Vol. 9, No. 1 (2018), 105-113.
- [3] Angulo-Sogamoso, K. V., Gil-Sierra, D. G. y Salcedo-Parra, O. J.: "Optimización utilizando lógica difusa de dispositivo de análisis de componentes químicos de ingredientes naturales basados en el internet de las cosas IoT". Revista científica, N° 30 (2017), 207-223.
- [4] Olaniyi, O. M., Salami, A. F., Adewumi, O. O. y Ajibola, O. S.: "Design of an intelligent poultry feed and water dispensing system using fuzzy logic control technique". Control Theory and Informatics, Vol.4, No. 9 (2014), 61-72.
- [5] Bala, J. A., Olaniyi, O. M., Folorunso, T. A. y Arulogun, O. T.: "Poultry Feed Dispensing System Control: A Case between Fuzzy Logic Controller and PID Controller". Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 7, No. 2 (2019), 171-177.
- [6] Pomboza-Tamaquiza, P., Guerrero-López, R., Guevara-Freire, D. y Rivera, V.: "Granjas avícolas y autosuficiencia de maíz y soya: caso Tungurahua-Ecuador". Estudios sociales (Hermosillo, Son.), Vol. 28, No. 51 (2018), 0-0. <http://dx.doi.org/10.24836/es.v28i51.511>
- [7] Saxena, P. y Khanna, N.: "Animal feed formulation: mathematical programming techniques". CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, Vol. 9, No. 3 (2014).
- [8] Sinduja, K., Sofia, J., Abishek, M. y Sivasankari, B.: "Automated Control System for Poultry Farm Based On Embedded System". International Research Journal of Engineering and Technology, Vol. 3, No. 3, (2016) 620-624.
- [9] Castillo, G., Cruz G., A., Gonzaga L., E y Luna M., E.: "Diseño e implementación de sistema de monitoreo automatizado en granja avícola". Revista de Investigación en Tecnologías de la Información, Vol. 7, No. 14, (2019) 1-9. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.011>
- [10] Seijas, L. M.: "Reconocimiento de patrones utilizando técnicas estadísticas y conexionistas aplicadas a la clasificación de dígitos manuscritos".



- Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires, (2011).
- [11] Verdegay, J. L. y Corona, C. C.: "Prólogo: lógica difusa y modelos de decisión y optimización". *Investigación Operacional*, Vol. 38, No. 2, (2017) 108-110.
- [12] Icarte Ahumada, G. A.: "Aplicaciones de inteligencia artificial en procesos de cadenas de suministros: una revisión sistemática". *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, Vol. 24, No. 4, (2016) 663-679.
- [13] Zarazúa, G. M. S., García, M. A. E., Ayala, M. T., Abraham, M. C. y Barrios, G.: "Algoritmo para sexar polluelos de un día de edad aplicando patrones morfométricos y análisis de imagen". *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya, Mexico*, (2016)
- [14] Ma, L., Sun, K., Tu, K., Pan, L. y Zhang, W.: "Identification of double-yolked duck egg using computer vision". *PloS one*, Vol 12, No. 12, (2017) e0190054. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190054>
- [15] Ugwuoke, C. U., Ezebuio, F. N., Okwo, C. R. y Chukwuma, A.: "Management of poultry farms through the use of electronic facilities for enhanced food security in Enugu state, Nigeria". *Global journal of biology a agriculture and health science*, Vol. 6, No. 4, (2017) 1-7. <https://doi:10.24105/gjbahs.6.4.1701>
- [16] Mahale, R. B. y Sonavane, S. S.: "Smart Poultry Farm Monitoring Using IOT and Wireless Sensor Networks". *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, Vol. 7, No. 3, (2016).
- [17] Boopathy, S., Satheesh, K. M. y Dinesh, R.: "Performance optimization of poultry farm by using instrumentation with help of embedded automation". *International Journal of Innovative Research in Science*, Vol. 3, No. 1, (2014) 890-895.
- [18] Kanjilal, D., Singh, D., Reddy, R., & Mathew, J.: "Smart farm: extending automation to the farm level". *Int. J. Sci. Technol. Res*, Vol. 3, No. 7, (2014) 109-113.



UNIVERSIDAD  
DEL ZULIA

---

## **REVISTA TECNICA**

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

**Volumen Especial, 2020, No. 1, pp. 03 - 55** \_\_\_\_\_

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en Febrero de 2020, por el Fondo Editorial Serbiluz, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

[www.luz.edu.ve](http://www.luz.edu.ve)  
[www.serbi.luz.edu.ve](http://www.serbi.luz.edu.ve)  
[www.produccioncientifica.luz.edu.ve](http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve)