

Caracterización de Sistemas de Producción Industrial de Pollo de Engorde en el Departamento de Santander-Colombia¹

Jenifer Gómez Londoño², Mario Fernando Cerón-Muñoz³, Jorge Hernán Duque Noreña⁴,
Edimer David Jaramillo⁵, Oscar David Múnera Bedoya⁶

Resumen

Introducción: La producción de pollo de engorde es de gran interés para el departamento de Santander dada su alta participación dentro del PIB pecuario, lo que lo constituye en el principal centro avícola nacional. Es importante conocer las condiciones bajo las cuales se realiza la producción de pollo de engorde e identificar el potencial que tienen estos sistemas de producción. **Objetivo:** caracterizar los sistemas de producción industrial de pollo de engorde ubicados en el departamento de Santander. **Materiales y métodos:** Para el desarrollo del trabajo se contó con información proveniente de 79 predios avícolas los cuales se encontraban

ubicados en 4 provincias: Metropolitana, Soto, Guanentá y Yariguíes. Se realizó un análisis de clúster y se generó un índice de adopción tecnológica. **Resultados:** Se encontró que existe variación en la adopción de tecnologías, siendo las más frecuentes las tecnologías blandas. Santander obtuvo un índice de adopción tecnológica bajo. **Conclusiones:** El sector avícola del departamento de Santander posee un bajo índice de adopción tecnológica, lo cual sugiere la necesidad de evaluar el efecto que esto tiene sobre los resultados productivos con miras al incremento de la productividad a largo plazo en la zona.

Palabras clave: Adopción tecnológica, análisis de clúster, avicultura, tecnificación.

1 Artículo derivado del proyecto "Caracterización de sistemas de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander, Colombia" Período de realización: enero 2020 – diciembre 2020, Medellín, Antioquia

Filiación institucional del proyecto: Universidad de Antioquia – Solla S.A. Financiado por Grupo de Investigación Nutrisolla y Grupo de investigación en Agrociencias, Biodiversidad y Territorio – Gamma

2 Zootecnista, estudiante de Maestría en Ciencias Animales, Universidad de Antioquia, sede Medellín. Analista de datos de avicultura, Solla S.A., Grupo de investigación Nutrisolla. ORCID 0000-0002-5460-41553

3 Doctor en Zootecnia, profesor titular de la Facultad de Ciencias Agrarias y coordinador del Grupo de investigación GAMMA de la Universidad de Antioquia. ORCID 0000-0002-7233-6625

4 Médico Veterinario y Zootecnista, Director de avicultura industrial Solla S.A., Grupo de investigación Nutrisolla. ORCID 0000-0002-3773-505

5 Zootecnista, asistente de investigación, Solla S.A. ORCID 0000-0001-9220-9984

6 Doctor en Ciencias Animales, director de investigación, Solla S.A., (Grupo de investigación Nutrisolla), ORCID 0000-0002-6286-511X

Autor para Correspondencia: Jenifer Gómez Londoño, correo: jgl0916@hotmail.com

Recibido: 14/04/2021 Aceptado: 31/05/2022

*Los autores declaran que no tienen conflicto de interés

Characterization of Broiler Production Systems in Santander Province-Colombia

Abstract

Introduction: Broiler production is of great interest to Santander given its high participation in the livestock GDP of this province, which makes it the main Colombian poultry center. It is important to know the conditions under which broiler production takes place and to identify the potential of these production systems. **Objective:** To characterize the industrial broiler production systems located in Santander province. **Methods:**

Information from 79 poultry farms located in 4 provinces (Metropolitana, Soto, Guanentá and Yariguíes) was used. A cluster analysis was performed, and a technology adoption index was generated. **Results:** Variations in technology adoption were observed. The most frequently adopted were soft technologies. The technology adoption rate for the overall province was low. **Conclusions:** The poultry sector of the department of Santander has a low technology adoption index, which suggests the need to evaluate the effect that this has on the productive results, with a view to increasing productivity in the long term.

Keywords: Cluster analysis, poultry farming, technology adaptation

Caracterização dos Sistemas de Produção Industrial de Frango de Corte no Departamento de Santander-Colômbia

Resumo

Introdução: A produção de frangos de corte é de grande interesse para o departamento de Santander, devido à sua elevada participação no PIB da pecuária, o que o torna como o principal pólo avícola nacional. É importante conhecer as condições em que ocorre a produção de frangos de corte e identificar o potencial que esses sistemas de produção possuem. **Objetivo:** Caracterizar os sistemas de produção industrial de frangos de corte localizados no departamento de Santander. **Materiais e Métodos:** Para o desenvolvimento do trabalho, foram disponibilizadas

informações de 79 granjas avícolas localizadas em 4 províncias: Metropolitana, Soto, Guanentá e Yariguíes. Uma análise de cluster foi realizada e um índice de adoção de tecnologia foi gerado. **Resultados:** Constatou-se que há variação na adoção de tecnologias, sendo as mais frequentes as tecnologias leves. O Santander obteve um baixo índice de adoção de tecnologia. **Conclusões:** O setor avícola do departamento de Santander tem um baixo índice de adoção tecnológica, o que sugere a necessidade de avaliar o efeito que isso tem nos resultados produtivos, com vistas a aumentar a produtividade no longo prazo.

Palavras-chave: Adoção de tecnologia, análise de cluster, avicultura, tecnificação

Introducción

En Colombia la avicultura representa un eslabón de alta importancia en la economía del sector agropecuario. En el año 2019 la avicultura en el país sumó \$21,60 billones, lo que representó una participación del 7,50 % en el PIB agropecuario y del 32,80 % en el PIB pecuario (Federación Nacional de Avicultores FENAVI 2020). Entre los años 2010 y 2018 la producción de pollo de engorde tuvo un crecimiento constante, equivalente a un del 2,30 % (FENAVI 2020).

De acuerdo con el censo pecuario nacional, el departamento de Santander se posiciona con la mayor capacidad ocupada para la producción industrial de pollo de engorde a nivel nacional, con 30'197 mil aves, lo que corresponde al 26,35 % de la capacidad de Colombia y cuenta con 791 granjas para la producción industrial de pollo de engorde, correspondiente al 24,00 % de los sistemas de producción del país (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] 2020).

El departamento de Santander se encuentra dividido en 7 provincias: Comunera, García Rovira, Guanentá, Metropolitana, Soto Norte, Vélez y Yariguíes, las cuales cuentan con 26, 0, 113, 541, 6, 48 y 57 predios destinados a la producción industrial de pollo de engorde, respectivamente (ICA 2020). A pesar de la importancia que tiene el departamento de Santander en la producción industrial de pollo de engorde, existe poco conocimiento de las condiciones bajo las cuales se desarrollan los programas productivos y del grado de adopción tecnológica, lo que genera dificultades al momento de proponer investigaciones o programas de extensión y capacitación que puedan conducir a un mejoramiento de las condiciones actuales.

La implementación de índices de adopción tecnológica (IAT) en el sector agropecuario ha

sido implementada en sistemas pecuarios como el lechero (Vélez *et al.* 2013; Barrios *et al.* 2019), permitiendo identificar la implementación de tecnologías blandas y duras, sin embargo, su aplicación en el sector avícola no es conocida.

La respuesta productiva de las aves está condicionada por múltiples factores entre los que se encuentran las condiciones de infraestructura, ambientales y de manejo (Alabi y Aruna 2006). Este trabajo busca conocer las condiciones de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander a través de la caracterización de los sistemas de producción y desarrollar un IAT basado en la implementación de tecnologías blandas y duras.

Materiales y métodos

Se caracterizaron 79 sistemas de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander en 16 municipios pertenecientes a cuatro provincias: Guanentá (7), Metropolitana (64), Soto (1) y Yariguíes (7).

La información de las variables temperatura y precipitación anual de los sistemas de producción fue obtenida a partir de la información geográfica satelital con la plataforma CHELSA "(Climatologías en alta resolución para las áreas de la superficie terrestre), actualmente alojado por el Instituto Federal Suizo para la Investigación de bosques, nieve y paisaje WSL" (CHELSA, 2020).

La caracterización de los sistemas de producción industrial de pollo de engorde se realizó mediante un análisis estadístico descriptivo de las condiciones agroambientales, de infraestructura y de manejo. Se realizó un análisis de clúster evaluando métodos jerárquicos y no jerárquicos con el fin de generar agrupaciones de los sistemas de

producción que presentaran mayor similitud entre ellos, la base de datos fue normalizada previo al análisis. Los criterios de selección y evaluación fueron: coeficiente de silueta (Řezanková 2018), coeficiente de correlación cofenética (Ramos *et al.* 2019) y análisis gráfico del dendograma (Aldás y Uriel 2017).

Se construyó el índice de adopción tecnológico (IAT) para cada granja, teniendo en cuenta la ponderación porcentual de 20 variables agrupadas en cuatro dimensiones: alimentación (IAT_A), manejo climático (IAT_{MC}), manejo sanitario (IAT_{MS}) y gestión de la producción (IAT_{GP}). Cada variable fue valorada por la percepción de 37 expertos en avicultura (25 profesionales y 12 docentes universitarios). La ecuación N° 1 muestra el cálculo utilizado para la definición del IAT.

$$IAT = \sum_j^n (\sum_i^m v_i q_i)_j$$

Ecuación N°1. Ponderador IAT

Donde j es la dimensión con i-ésimas tecnologías, v_i es la calificación y $q_i/100$ es la ponderación. El IAT de cada sistema de producción se definió como alto (≥ 66), medio (entre 33 y 66) y bajo (≤ 33), de acuerdo con lo

planteado por Barrios *et al.* (2019) y Vélez *et al.* (2013).

La diferencia estadística con $p \leq 0,05$ entre clúster a nivel del índice tecnológico fue realizada bajo la metodología Bootstrapping (Zieffler 2011) para datos observacionales sin distribución normal.

Resultados

Caracterización de los sistemas de producción

Se evidenció que dentro de un sistema de producción industrial de pollo conformado por varios galpones se implementan diferentes tecnologías, para el presente trabajo se reportaron tecnologías mixtas debido a los costos de implementación y a las características específicas de cada galpón (área, topografía, antigüedad, entre otros).

La altitud, la precipitación y la temperatura promedio fueron de $1.106,72 \pm 448,92$ msnm, $1.447,94 \pm 334,50$ m³ y $21,35 \pm 2,46$ °C, respectivamente (Tabla N° 1).

Tabla N° 1. Características agroecológicas y de infraestructura de los sistemas de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander

Provincia	# de granjas	A.S.N.M ** (m)	Temperatura (°C)	Precip Anual (m3)	# promedio de galpones por granja	Tipo de piso*	
						Cemento (%)	Tierra (%)
Metropolitana	64	1.162,41 ± 377,08	21,09 ± 1,88	1.393,02 ± 311,44	7,29 ± 6,63	14,29	57,14
Guanentá	7	1.435,14 ± 119,42	18,88 ± 0,74	1.519,14 ± 253,86	5,02 ± 2,69	23,44	70,31
Yariguíes	7	2.48,57 ± 301,89	26,60 ± 0,44	1.919,57 ± 245,98	3,00 ± 0,00	-	100,00
Soto	1	1.251,00 ± 0,00	19,00 ± 0,00	1.163,00 ± 0,00	6,00 ± 3,51	14,29	71,43

*El valor restante corresponde a granjas con unos galpones en cemento y otros en tierra

** A.S.N.M: Altura sobre el nivel del mar

Fuente: elaborado por los autores

Se encontró que la mayoría de los galpones eran en tierra y solo el 30,38 % poseía al menos un galpón con piso en cemento. La dimensión promedio medida para el largo del galpón de las granjas fue de $89,08 \pm 32,87$ m (mínimo 20 m y máximo 205 m) y la altura promedio de los galpones en los muros laterales fue de $2,52 \pm 0,39$ m.

Los equipos mayormente utilizados para la alimentación de las aves fueron los bebederos de campana y los comederos manuales, los cuales están presentes en todas las provincias del departamento.

En la tabla N° 2 se observa que la tecnología más utilizada es el sobretecho, en donde el 68,35 % de las granjas lo tenían en todos sus

galpones y el 6,33 % lo tienen en al menos un galpón. El uso de paneles de enfriamiento solo fue observado en una granja ubicada en la provincia de Yariguíes, la cual contaba con una de las temperaturas promedio más altas. Los extractores de aire solo fueron reportados en las provincias Metropolitana y Yariguíes, con una participación del 7,81 % y 71,43 %, respectivamente, mientras que los nebulizadores participaron con el 3,13 % y 57,14 %, respectivamente en las mismas provincias. Finalmente, se reportó el uso de ventiladores en 3 de las 4 provincias evaluadas, con un porcentaje de adopción del 45,31 % para la provincia Metropolitana, 100 % para la provincia de Soto y 28,57 % para la provincia de Yariguíes.

Tabla N° 2. Participación porcentual de equipos para control climático dentro de los galpones en los sistemas de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander.

Provincia	Extractores de aire		Ventiladores		Nebulizadores		Sobretecho		Tratamiento del agua	
	Si	Mixto*	Si	Mixto*	Si	Mixto*	Si	Mixto*	Manual	Planta
Guanentá	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	85,71	14,29	85,71	14,29
Metropolitana	6,25	1,56	39,06	6,25	3,13	0,00	62,50	6,25	87,50	12,50
Soto	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
Yariguíes	57,14	14,29	14,29	14,29	42,86	14,29	100,00	0,00	85,71	14,29

*Mixto hace referencia a granjas en las cuales algunos galpones tenían el equipo.

Fuente: elaborado por los autores

Los resultados evidenciados en la tabla N° 3 muestran que el 54,43 % de las granjas no utilizaron medicación curativa en los últimos 6 lotes (periodo que corresponde aproximadamente a 1 año), lo cual es un indicador del estatus sanitario de las granjas. Se encontró que el vacío sanitario va desde los 10 hasta los 21 días, con un valor promedio de $16,70 \pm 3,11$ días. Con respecto a la variable

de profundidad de la cama y el pH, se observa que la primera fue igual para las provincias de Soto y Guanentá con un $5,00 \pm 0,00$ cm, mientras la provincia Metropolitana presentó valores promedio más altos con $6,91 \pm 3,28$ cm. El pH del agua en las granjas evaluadas fluctuó entre 5 y 7.

Tabla N° 3. Variables de manejo en los sistemas de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander.

Provincia	Uso de med. (%)	D.V.S (días)*	pH del agua	Prof. Cama (cm)	Aves por comedero	Aves por bebedero	Aves por extractor	Aves por ventilador
Guanentá	28,57	20,00 ± 0,00	5,43 ± 0,53	5,00 ± 0,00	40,19 ± 1,43	77,27 ± 3,10		
Metropolitana	50,00	16,63 ± 2,96	5,97 ± 0,31	6,91 ± 3,28	40,02 ± 4,20	77,14 ± 7,86	3.044,00 ± 485,53	2.064,79 ± 1.218,15
Soto	0,00	14,00 ± 0,00	6,50 ± 0,00	5,00 ± 0,00	38,00 ± 0,00	80,00 ± 0,00		5.000,00 ± 0,00
Yariguíes	28,57	14,43 ± 3,74	5,62 ± 0,59	5,24 ± 2,29	41,95 ± 4,34	76,00 ± 4,90	3.031,13 ± 455,80	991,67 ± 11,79

Uso de med: Uso de medicamentos en los últimos 6 lotes

D.V.S: Duración del vacío sanitario

Prof. Cama: Profundidad de la cama

Fuente: elaborado por los autores

Se observa también que existen variables ambientales que pueden influir en el número de aves por unidad de área, por comedero y por bebedero. La densidad de aves por comedero para las granjas estudiadas fue de $40,19 \pm 4,03$ aves/comedero, la densidad más alta se obtuvo en la provincia de Yariguíes con $41,95 \pm 4,34$ y la más baja en la provincia de Soto con $38,00 \pm 0,00$. En cuanto a la densidad de aves por bebedero se tuvo que fue de $77,10 \pm 7,31$ aves/bebedero, la densidad más alta se obtuvo en la provincia de Soto con $80,00 \pm 0,00$ aves/bebedero y la más baja en la provincia de Yariguíes con $76,00 \pm 4,90$ aves/bebedero. Sin embargo, solo las provincias Metropolitana y Yariguíes reportaron la implementación de extractores en los galpones, con una densidad promedio de $3.037,57 \pm 444,02$ aves/extractor y las aves por ventilador promedio fueron de $2.089,44 \pm 1.300,73$ aves. La provincia de Soto, Metropolitana y Yariguíes reportaron $5.000,00 \pm 0,00$, $2.064,79 \pm 1.218,15$ y $991,67 \pm 11,79$ aves/ventilador, respectivamente.

Anudado a lo anterior, se encontró que el 78,48 % de las granjas contaban con un

administrador con formación académica profesional y solo el 21,52 % con formación técnica. La experiencia promedio de los administradores en el sector avícola fue la variable con mayor variabilidad con valores que van desde 1 hasta 41 años, el promedio fue de $8,48 \pm 11,08$. Los operarios de granja en su mayoría tuvieron grado escolar primaria representando el 64,44 %, el 33,89 % poseían estudios secundarios y solo el 1,67 % poseían estudios técnicos.

Análisis de clúster

Diferentes metodologías para la generación del clúster fueron probadas: se inició con la evaluación de diversos análisis de clúster jerárquicos los cuales no permitieron evidenciar un claro agrupamiento de las granjas. Métodos no jerárquicos fueron evaluados encontrando que el mejor análisis de clúster se generó bajo el método kmeans con el algoritmo "Hartigan Wong". La selección del método se basó en el coeficiente de silueta con el cual se buscó un coeficiente positivo para cada observación.

Con el análisis de clúster se identificaron 3 grupos de sistemas de producción en función a sus características agroecológicas de infraestructura y de manejo. El clúster 1 se relaciona con un bajo control de variables climáticas, agrupó 39 granjas y se caracterizó por tener los sistemas de producción a mayor altura sobre el nivel del mar, un menor número de galpones promedio, la menor temperatura, es el único grupo que presenta administrador con grado de escolaridad técnico, no cuenta con nebulizadores ni ventiladores, es el grupo que presenta el menor número de sistemas de producción con extractores y no cuenta con sensores de humedad.

El clúster número 2 se relacionó con un alto control de variables climáticas y agrupó 7 sistemas de producción que se caracterizaron por ser las de mayor distancia entre granja y planta, tener operarios con la menor experiencia en el sistema de producción, estar

ubicadas en los lugares con menor altura sobre el nivel del mar, mayor precipitación anual promedio, mayor temperatura promedio, menor vacío sanitario, todos los sistemas de producción cuentan con extractores, es el único grupo con nebulizadores y todos los sistemas de producción cuentan con sensor de temperatura y sobretecho.

El clúster 3 se relacionó con un nivel medio para el control de variables climáticas y agrupó 33 granjas que se caracterizaron por ser las granjas más cercanas a la planta de beneficio, las de menor precipitación anual promedio, las de mayor vacío sanitario, todos sus administradores son profesionales, ningún sistema de producción cuenta con nebulizadores y es el único grupo que cuenta con ventiladores. En las figuras N° 1 y 2 se observa el comportamiento de cada clúster en las diferentes variables evaluadas.

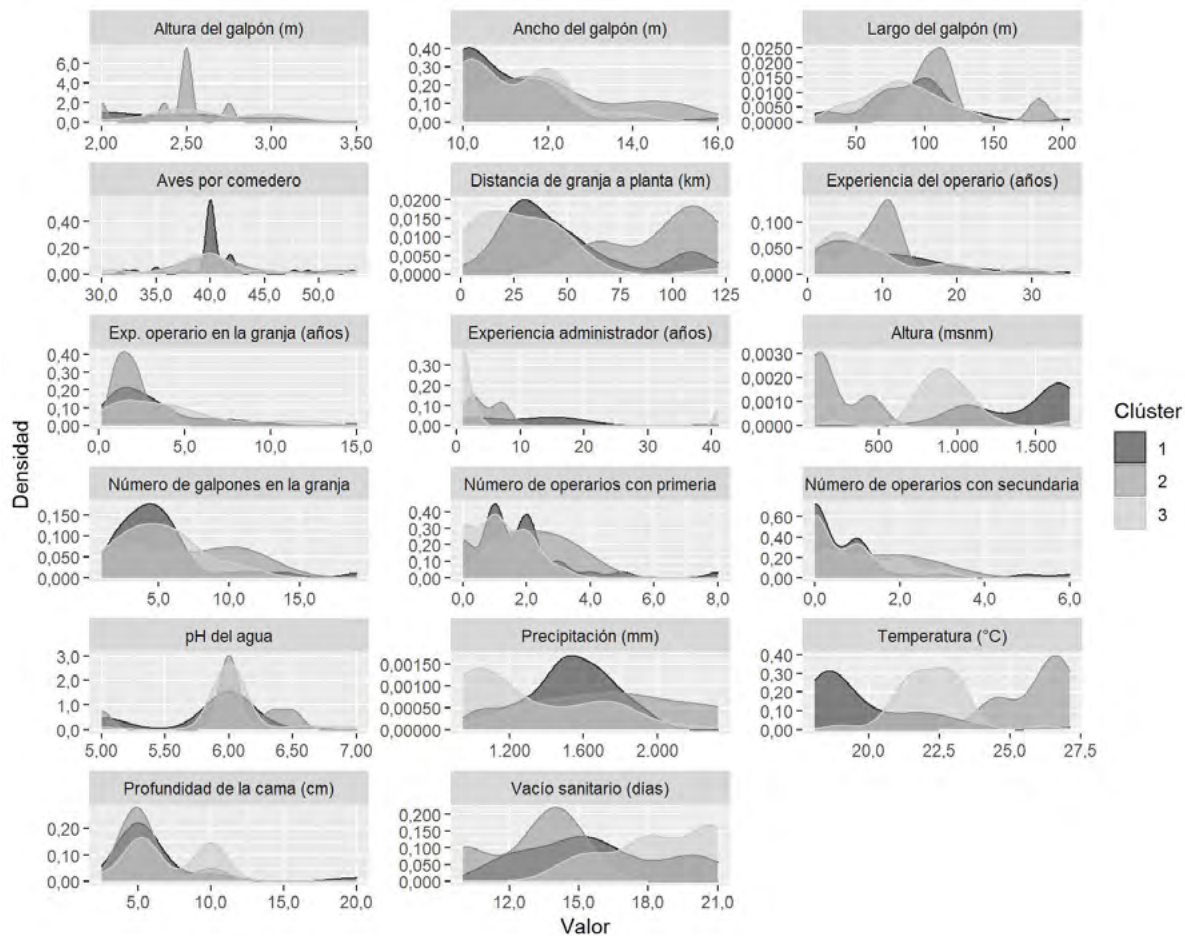


Figura N° 1. Distribución de las variables cuantitativas de manejo de acuerdo con el Agrupamiento del análisis de clúster de los sistemas de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander, Colombia.

Fuente: elaborado por los autores

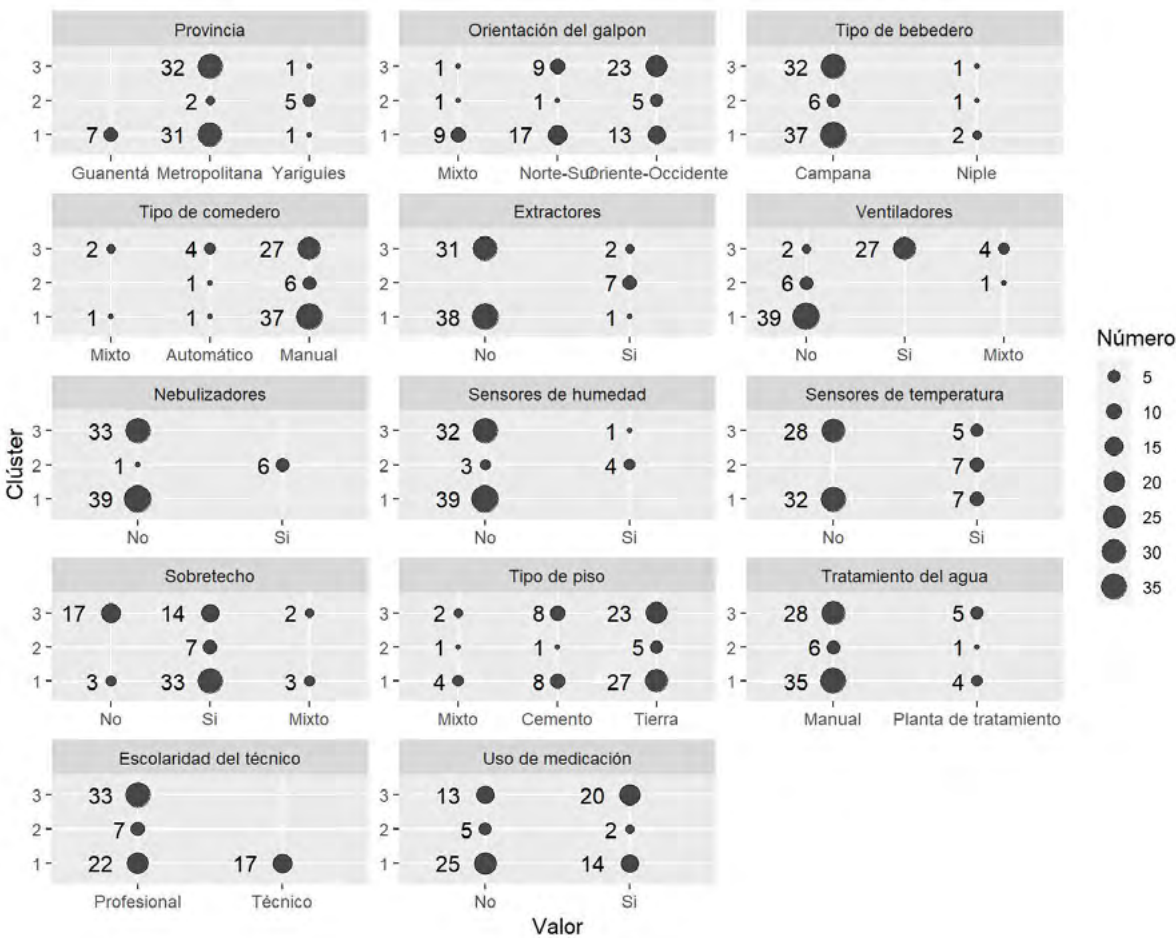


Figura N° 2. Distribución de las variables cualitativas de manejo de acuerdo con el agrupamiento del análisis de clúster de los sistemas de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander, Colombia.

Fuente: elaborado por los autores

Índice de adopción tecnológico (IAT)

Se generó un ponderador de acuerdo con los resultados obtenidos por parte del panel de expertos encontrando que el componente tecnológico con mayor relevancia fue la alimentación con 32 puntos, seguido de manejo sanitario con 26 puntos, manejo climático y gestión de la producción con 23 y 19 puntos, respectivamente.

En la tabla N° 4 se observa que las tecnologías blandas obtuvieron una frecuencia de adopción del 1 y las tecnologías duras variaron entre el 0,05 y 1, siendo las de mayor adopción la alimentación balanceada, el pollito proveniente de granja biosegura y la vacunación.

Tabla N° 4. Adopción de tecnologías en sistemas de producción industrial de pollo de engorde en Santander, Colombia.

Dimensión	Tecnología	Frecuencia de adopción	Tipo de tecnología
Alimentación	Comedero automático	0,11	Dura
	Bebedero niple	0,05	Dura
	Alimentación balanceada	1,00	Dura
Manejo climático	Nebulizadores	0,08	Dura
	Extractores	0,13	Dura
	Ventiladores	0,41	Dura
	Sobretecho	0,75	Dura
	Sensor de temperatura	0,24	Dura
	Sensor de humedad	0,06	Dura
	Panel de enfriamiento	0,01	Dura
Manejo sanitario	Planta de tratamiento	0,13	Dura
	Piso en cemento	0,30	Dura
	Granja biosegura	1,00	Blanda
	Pollito de granja biosegura	1,00	Dura
	Vacunación	1,00	Dura
Gestión de la producción	Registros técnicos	1,00	Blanda
	Registros económicos	1,00	Blanda
	Asistencia técnica	1,00	Blanda
	Capacitaciones técnicas	1,00	Blanda
	Pesaje de aves	1,00	Blanda

Fuente: elaborado por los autores

Se evidenció que las variables que obtuvieron una frecuencia de adopción del 100 % se consideran constantes en la región y su alta implementación hace que ya no sean un factor diferenciador entre granjas, optándose

así por eliminarlas previo a la construcción del índice, para lo cual se conservó la proporción de cada grupo, dando como resultado el ponderado que se encuentra en la tabla N° 5.

Tabla N° 5. Ponderador de tecnologías utilizadas para estimar el índice de adopción tecnológico IAT en sistemas de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander, Colombia

Alimentación (40) ¹	Manejo climático (28)	Manejo sanitario (32)
Tipo de comedero (20)	Nebulizadores (3)	Tratamiento de agua (24)
Tipo de bebedero (20)	Extractores (5)	Tipo de piso (8)
	Ventiladores (5)	
	Sobretecho (5)	
	Sensor de temperatura (4)	
	Sensor de humedad (3)	
	Panel de enfriamiento (3)	

¹ El número entre paréntesis es el ponderador utilizado para estimar el IAT

Fuente: elaborado por los autores

El IAT en el departamento de Santander fue de $16,57 \pm 15,37$, los resultados obtenidos por provincia en escala de mayor a menor fueron: Yariguíes $28,14 \pm 26,20$, Guanentá $17,57 \pm 17,80$, Metropolitana $15,23 \pm 13,42$ y Soto $14,00 \pm 0,00$; se evaluaron los clústeres generados de acuerdo al IAT y los subgrupos considerados para su creación, el clúster 1 que se relacionó con un bajo control de variables climáticas fue el de menor adopción tecnológica en los 3 grupos evaluados, el clúster 2 que se relacionó con un alto control de variables climáticas obtuvo un mayor puntaje promedio en los grupos IAT para alimentación ($5,71 \pm 15,10$) y IAT para manejo climático ($19,40 \pm 2,88$), el clúster 3 que se relacionó con un nivel medio para el control de variables climáticas obtuvo el mejor puntaje en el IAT para el manejo sanitario ($5,71 \pm 8,90$).

El IAT más alto lo obtuvo el clúster 2 con $30,90 \pm 24,03$, seguido por el clúster 3 con $18,40 \pm 15,72$ y por último el clúster 1 con $12,40 \pm 11,29$. Se evaluó si existía diferencia estadística ($p\text{-value} < 0,05$) entre los clústeres dado el IAT mediante la metodología Bootstrapping encontrando que existía diferencia estadística entre los clústeres 1 y 2,

el clúster 3 no presentó diferencia estadística con el clúster 1 y 2.

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidenció que las temperaturas estuvieron en los rangos cercanos a los ideales para producción avícola, que se ubican entre $18,30^{\circ}\text{C}$ y $23,90^{\circ}\text{C}$ (Estrada-Pareja et al., 2007), sin embargo, los requerimientos de temperatura pueden variar según la edad del pollo, por lo cual existen equipos y labores de manejo que permiten garantizar rangos de temperatura óptimos según la fase productiva.

En el departamento de Santander prevalece el piso en tierra lo cual podría deberse al alto costo de inversión que requiere un piso en cemento, sin embargo, se conoce que el piso en cemento ofrece un mejor aislamiento de la humedad del piso y favorece las labores de aseo y desinfección lo que mejoraría el estatus sanitario de la granja (DANE 2015).

El número de galpones por sistema de producción fue superior a lo reportado en el 2002 con el primer censo avícola de Colombia (MADR *et al.* 2002), en donde el departamento de Santander contaba con un promedio de 3,47 galpones, lo que podría indicar que los productores han optado por la construcción de nuevos galpones dentro de las granjas como alternativa para el aumento de la producción.

De acuerdo con el DANE (2015) en zonas cálidas los galpones deben construirse de oriente a occidente con el fin de evitar sobrecalentamiento de los muros laterales, en Santander solo la mitad de los galpones están contruidos de esta forma. En cuanto al uso de sobretechos esta tecnología es altamente utilizada y de acuerdo con García (2011) trae beneficios económicos en la disminución del uso de gas para la calefacción de las aves y la disminución de las concentraciones de amoníaco dentro del galpón.

Los bebederos tipo campana y los comederos manuales son los que más se utilizan para la alimentación de las aves, dejando de lado el tipo niple. Éste último según Galeano (2018), representan ventajas en el menor desperdicio de agua, mejor temperatura del agua y una baja humedad en la cama, lo que disminuye los niveles de amoníaco dentro del galpón. Los equipos de comedero automático también son poco utilizados aún cuando estos ofrecen ventajas como la disminución del estrés en las aves por un menor contacto con el operario y menor tiempo del operario para realizar las labores de alimentación (Galeano 2018).

Se encontró que la temperatura promedio de la provincia influyó en el tipo de tecnología implementada para el control de la temperatura. Paneles de enfriamiento sólo fueron observados en una granja ubicada en la provincia de Yariguíes, la cual contaba con una de las temperaturas promedio más altas. Los extractores de aire solo fueron reportados en las provincias Metropolitana y Yariguíes.

El uso de ventiladores fue reportado en 3 de las 4 provincias evaluadas. La ausencia de implementación de extractores, nebulizadores y ventiladores al mismo tiempo en los sistemas de producción fue observada en casi la mitad de los sistemas de producción, valor que está por debajo del reportado en el censo avícola 2002 (MADR *et al.* 2002), en la cual el número de granjas que no poseía ninguna de las tres tecnologías correspondía al 93,70 %. Su implementación pone evidencia los esfuerzos del sector para aumentar la adopción de este tipo de tecnologías durante los últimos años, pero se deben hacer mejoras en el nivel tecnológico con miras al mejoramiento de las condiciones ambientales en los galpones, especialmente en temas relacionados con el control de la temperatura y las concentraciones de gases en el interior de los galpones. Estrada *et al.* (2007) encontraron que las aves expuestas a una mayor temperatura afectan su productividad desde un menor consumo y una mayor mortalidad, también discutieron que la selección genética de los pollos para obtener una alta tasa de crecimiento parece tener un efecto negativo sobre la sensibilidad del pollo a condiciones ambientales no óptimas.

Los sensores de temperatura y humedad presentaron un bajo nivel de adopción siendo éstos aspectos importantes dado que ambos afectan la respuesta productiva del ave y varían de acuerdo a su etapa fisiológica, valores por fuera del rango requerido en cada etapa causan efectos en el bienestar de las aves, humedades altas pueden causar camas húmedas y daños en las patas del ave, mientras que la baja humedad puede causar problemas respiratorios debidos al aumento del polvo y los microorganismos presentes en el aire (Corkey *et al.* 2013).

La profundidad de la cama en Santander es adecuada según la guía de manejo Cobb Vantress® (2018) la cual establece rangos mínimos entre 2,50 cm y 5,00 cm dependiendo del material utilizado, esto con el fin de

favorecer la absorción de la humedad, la dilución de la materia fecal y el aislamiento de las aves de las temperaturas frías del piso.

Según Kirkpatrick y Fleming (2008) y Oliveros (2012) Si el pH del agua se encuentra por debajo de 6 pueden generar problemas como la disminución en el consumo de agua, un menor rendimiento de las aves, aumento en la predisposición a infestaciones parasitarias y problemas de corrosión en el sistema de agua, situaciones que deben ser monitoreadas especialmente en granjas en las cuales se presenten altas temperaturas y no se disponga de tecnologías como ventiladores, ambiente controlado, entre otras.

La densidad o cantidad de aves por galpón o comedero recomendada por Aviagen® (2014) va desde 45 hasta 80 aves por plato disminuyendo a medida que el ave aumenta su tamaño. Acosta y Jaramillo (2015) recomiendan un bebedero por cada 80 aves, encontrando que Santander ofrece condiciones adecuadas para la alimentación de las aves.

En esta misma vía, cabe resaltar la importancia no solo de las instalaciones físicas en las que se encuentran las aves y sus diferentes variables; sino también la formación profesional y técnica de quien administra y maneja el sistema de producción. Los valores que se registraron en los resultados fueron similares a los reportados por Fenavi (2016), donde la mayoría de los trabajadores del sector avícola del departamento de Santander cuentan solo con primaria y le siguen los trabajadores con secundaria, dando como resultado que el 83 % de los trabajadores se encuentran en uno de estos dos grupos. La experiencia de los operarios de granja como promedio fluctuó entre 8 y 9 años, lo cual coincide con Fenavi (2016) quienes reportaron que el 72 % de los trabajadores del sector avícola del departamento de Santander afirmaron tener una experiencia superior a los 5 años.

En cuanto al uso de alimentos balanceados, registro ICA de granja biosegura, origen del pollito de un día de granjas bioseguras, aplicación de vacunas, control sanitario de los animales, manejo e implementación de registros técnicos, registros y económicos, asistencia técnica, capacitaciones técnicas y pesaje de aves se encontró que todos los sistemas encuestados tienen implementadas estas medidas. Estos valores fueron equivalentes a los reportados por Castro y López (2018) para la industria avícola del centro del Valle del Cauca, encontrando que el 100 % de las granjas cuentan con asistencia técnica, son granjas certificadas por el ICA como granjas bioseguras, utilizan vacunación en las aves y cuentan con los registros de la producción. De acuerdo con Aguilera (2014), la adopción de estas tecnologías en el país inició a mediados de siglo XX a causa de un fuerte brote de Newcastle, lo cual despertó el interés de los productores por tecnificar y evitar que dichos sucesos se repitieran. Glatz y Pym (2013) indicaron que el uso de registros técnicos y económicos en los sistemas de producción avícola de pollo de engorde son la principal herramienta para identificar las causas y definir un problema permitiendo desarrollar estrategias de mejoramiento.

Finalmente, frente a los índices de adopción tecnológico (IAT) según el ponderado obtenido en los resultados, se resalta que algunas de las razones por las cuales pudo considerarse al grupo de alimentación como el de mayor relevancia puede ser lo expuesto por Grashorn (2017) quien indicó que el mejoramiento genético ha logrado aumentar la tasa de crecimiento del pollo de engorde lo que ha dado lugar a un mayor requerimiento de nutrientes por parte del ave. El costo de producción del pollo de engorde puede ser otra de las razones dado que el alimento participa con el 70 % de los costos totales de acuerdo con lo reportado por el MADR (2019). En el grupo de manejo climático se observó que los nebulizadores no son considerados una tecnología de alta

importancia lo cual puede deberse a lo expuesto por Linden (2013) y Czarick & Fairchild (2009) quienes indicaron la complejidad de su manejo dado que en los momentos de poca ventilación en el galpón el uso de nebulizadores podría aumentar la humedad relativa generando estrés por calor en las aves y por consecuencia generar un aumento en la mortalidad del lote. En el grupo de manejo sanitario se destaca la importancia del tratamiento del agua destinada al consumo de los animales, lo que se podría explicarse dado que se ha demostrado que el agua es el vehículo natural para la transmisión de enfermedades, un inadecuado tratamiento puede generar la infección de lotes con diferentes especies bacterianas, enfermedades parasitarias o víricas (Ruiz y Tabares 2012). Para el grupo de gestión de la producción las variables asistencia técnica y capacitación de empleados fueron las de mayor relevancia, lo que reconoce la importancia del conocimiento técnico e investigativo en los sistemas de producción.

Conclusiones

El sector avícola del departamento de Santander posee un IAT bajo, lo cual sugiere la necesidad de evaluar el efecto que esto tiene sobre los resultados productivos con miras al incremento de la productividad a largo plazo en la zona.

Referencias

Acosta, D., y Jaramillo, A. (2015). Cartilla de manejo de pollo de engorde. Servicio Nacional de Aprendizaje. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4618/1/Manejo_de_pollo_de_engorde.PDF

Existe una alta adopción de tecnologías blandas las cuales contribuyen a la solución eficaz de problemas relacionados con la dirección empresarial y que a su vez requieren de una baja inversión económica, demostrando la alta importancia que se le da al conocimiento técnico en la región.

Las tecnologías duras que presentan una mayor frecuencia de adopción son aquellas que se encuentran relacionadas con los factores sanitarios, demostrando la importancia que se da en la región al estatus sanitario.

Se considera que el factor temperatura está influenciando la adopción de tecnologías duras puesto que, aunque en la región no se reconocen como un factor relevante cuando existen retos climáticos se tiende a adoptar un mayor número de tecnologías.

Agradecimientos

Al apoyo del grupo de investigación Nutri-Solla de la empresa Solla S.A. y al grupo de investigación en Agrociencias, Biodiversidad y Territorio (GAMMA), de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia.

Aguilera, M. (2014). Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: instituciones, organizaciones y tecnología. *Revista del Banco de la República*, 214, 1 -57. <https://doi.org/10.32468/dtseru.214>

Alabi, A y Aruna, B. (2006). Technical efficiency of family poultry production in Niger-delta, Nigeria. *Journal Central European*

- Agriculture, 6(4), 531-537. <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/jcea/article/view/332>
- Aldás, J., y Uriel, E. (2017). Análisis de conglomerados. Análisis multivariante aplicado con R, 2da edición, Ediciones Paraninfo, 77-124.
- Aviagen. 2014. Manual de manejo del pollo de engorde Ross. Aviagen®. http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossBroilerHandbook2014-ES.pdf
- Barrios, D. Restrepo-Escobar, F., y Cerón-Muñoz, M. (2019). Adopción tecnológica en agronegocios lecheros. Livestock Research for Rural Development, 31(8). <http://www.lrrd.org/lrrd31/8/cero31116.html>
- Castro, A., y López, S. (2018). Caracterización de la industria avícola en el centro del Valle del Cauca [Tesis de grado de pregrado]. Universidad Tecnológica de Pereira. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/10174/T636.5%20L925.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CHELSA. (18 de octubre de 2020). CHELSA – Free climate data at high resolution. <https://chelsa-climate.org/>
- Cobb Vantress. (2018). Broiler management guide. Cobb Vantress®, 31-33. <https://www.cobb-vantress.com/assets/5c7576a214/Broiler-guide-R1.pdf>
- Corkey, G., Ward, S., Kenny, C., y Hemmingway, P. (2013). Incorporating Smart Sensing Technologies into the Poultry Industry. Journal of World's Poultry Research 3(4), 106-128. <https://eprints.dkit.ie/349/1/J%20%20World%27s%20Poultry%20%20Res%20%203%284%29%20106-128%202013.pdf>
- Czarick, M., y Fairchild, B. (2009). Poultry Housing Tips. University of Georgia Cooperative Extension Service, 21(10). <https://poultryhealthtoday.com/poultry-housing-tips-without-air-movement-evaporative-cooling-pads-can-increase-bird-heat-stress-2/#:~:text=bird%20heat%20stress-,Poultry%20housing%20tips%3A%20Without%20air%20movement%20evaporative%20cooling,can%20increase%20bird%20heat%20stress&text=Though%20evaporative%20cooling%20is%20used,-of%20reducing%20bird%20heat%20stress.>
- DANE. (2015). El Pollo de engorde (*Gallus domesticus*), fuente proteica de excelente calidad en la alimentación y nutrición humana. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 36, 2-5. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_jun_2015.pdf
- Estrada-Pareja, M., Márquez-Girón, S., y Restrepo, L. (2007). Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor en pollos de engorde. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 20(3), 288-303. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v20n3/v20n3a07.pdf>
- FENAVI. (2016). Caracterización económica del sector avícola en el departamento de Santander. Federación Nacional de Avicultores de Colombia, 31-36. http://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/CARACTERIZACION_SANTANDER_2016.pdf

- FENAVI. (2020). PIB avícola 2019. Fenaviquín, 304, 1-3. https://fenavi.org/wp-content/uploads/2020/03/Fenaviquin_ed3042020_2.pdf
- Glatz, P. & Pym, R. (2013). Alojamiento y manejo de las aves de corral en los países en desarrollo. *Revisión del desarrollo avícola*, 25-30. <http://www.fao.org/3/a-i3531s.pdf>
- Galeano, Y. (2018). Automatización de planta avícola. [Tesis de grado de pregrado]. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13879/1/GaleanoMoyanoYeliKaterin2018.pdf>
- García, S. (2011). Importancia del aislamiento en avicultura: aspectos económicos de su instalación. *Revista Selecciones Avícolas*, 7-14. <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2011/1/5790-importancia-del-aislamiento-en-avicultura-aspectos-economicos-de-su-instalacion-i.pdf>
- Grashorn, M. (2017). Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde con diferente capacidad de crecimiento. *Revista Selecciones Avícolas*, 24-28. <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2017/9/24-28-requerimientos-nutricionales-pollos-engorde-diferente-capacidad-crecimiento-SA201709.pdf>
- ICA. (2020). Censo pecuario nacional. Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- Kirkpatrick, K., y Fleming, E. (2008). Calidad de agua. *Aviagen®*, 7-8. http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/SPRossTechNoteWaterQuality.pdf
- Linden, J. (2013). Evaporative cooling systems: how and why they work. The Poultry Site. <https://www.thepoultrysite.com/articles/evaporative-cooling-systems-how-and-why-they-work>
- MADR, DANE, FENAVI, y FONAV. (2002). I censo nacional de avicultura industrial. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. http://biblioteca.dane.gov.co/media/libros/LD_00170_2002_EJ_5.PDF
- MADR. (2019). Cadena avícola. Dirección de cadenas pecuarias, pesqueras y acuícolas, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Avicola/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Oliveros, Y. (2012). Importancia del agua en la actividad avícola. Sitio Argentino de Producción Animal, 1-2. http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/160-avicola.pdf
- Ramos, P., Sepúlveda, C., y Lapolli, L. (2019). Validity studies among hierarchical methods of cluster analysis using cophenetic correlation coefficient. *Brazilian Journal of Radiation Sciences* 7(2A), 1-14. <https://doi.org/10.15392/bjrs.v7i2A.668>
- Řezanková, H. (29 de agosto–2 de septiembre de 2018). Different approaches to the silhouette coefficient calculation in cluster evaluation. 21st International Scientific Conference AMSE, Kutná Hora, Republica Checa. http://www.amse-conference.eu/wp-content/uploads/2018/09/AMSE_2018_Rezankova.pdf

Ruiz, E., y Tabares, J. (2012). La sanidad del agua de bebida en avicultura. *Revista Selecciones Avícolas*, 19-22. <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2012/4/6639-la-sanidad-del-agua-de-bebida-en-avicultura.pdf>

Vélez, I., Espinosa, G., Omaña, S., González, O., y Quiroz, V. (2013). Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 3, 88-96. http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2013/Trabajo014_AICA2013.pdf

Zieffler, A., Harring, J., y Long, J. (2011). Comparing Groups Randomization and Bootstrap Methods Using R. *Editorial WILEY*, 137-170. <http://doi.org/10.1002/9781118063682>