

GESTIÓN DE LA BIOSEGURIDAD Y EL USO DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN LAS GRANJAS AVÍCOLAS DE TUNGURAHUA, ECUADOR

BIOSECURITY MANAGEMENT AND UTILIZATION OF INSTALLED CAPACITY AT POULTRY FARMS IN TUNGURAHUA, ECUADOR

Silvia Alexandra Fiallos Freire¹, Evelin Estefania López Montaluisa², Julio Mauricio Vizúete-Muñoz³

{sfiallos6599@uta.edu.ec¹, elopez6748@uta.edu.ec², jm.vizúete@uta.edu.ec³}

Fecha de recepción: 23/08/2026 / Fecha de aceptación: 05/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

RESUMEN: El sector avícola enfrenta presión por aumentar su producción, lo que obliga a operar cerca de los límites de capacidad. Ante esto, el objetivo de este estudio es analizar la relación entre la gestión de la bioseguridad con el uso de la capacidad instalada de las granjas avícolas de Tungurahua, dado que estas variables se han estudiado por separado. Se desarrolló una investigación cuantitativa, con un diseño no experimental, alcance correlacional y corte transversal con información de 302 unidades productivas. Se aplicó el enfoque ingenuo de tres pasos para el Análisis de Clases Latentes (ACL) y con dos análisis complementarios. Los resultados dejaron ver cuatro perfiles diferenciados de gestión de bioseguridad y se evidenció que el Uso de la Capacidad Instalada (UCI) presentó diferencias entre estos. Además de asociaciones específicas con la pertenencia, también se consideraron el cantón y el propósito de explotación. Por ejemplo, el caso de Santiago de Píllaro reveló una concentración de probabilidad mayor ($OR= 4.958^*$), de pertenencia al perfil de Gestión Bioseguridad Estructural Incompleta. Asimismo, el propósito de explotación 'Otros' también reportó mayor probabilidad de pertenecer a este grupo ($OR= 5.042^*$). Finalmente, como conclusión la gestión de la bioseguridad y el UCI son variables interdependientes en las granjas de la provincia. Esto quiere decir que, se relacionan entre sí para que el negocio funcione. Por ello, evaluarlas de forma conjunta es fundamental para lograr una producción más previsible y mejorar la toma de decisiones sobre los recursos productivos.

¹Carrera Administración de Empresas, Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato-Ecuador (UTA). <https://orcid.org/0009-0003-3525-043X>

²Carrera Administración de Empresas, Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato-Ecuador (UTA). <https://orcid.org/0009-0003-6060-0585>

³Docente Investigador Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0003-3910-9292>

Palabras clave: *Gestión de bioseguridad, capacidad instalada, análisis clases latentes, avicultura, toma de decisiones*

ABSTRACT: The poultry sector faces pressure to increase production, forcing it to operate near capacity limits. Given this situation, the objective of this study is to analyze the relationship between biosecurity management and the utilization of installed capacity at poultry farms in Tungurahua, since these variables have been studied separately. A quantitative study was conducted using a non-experimental design with a correlational, cross-sectional approach, drawing on data from 302 production units. The three-step naive approach to Latent Class Analysis (LCA) was applied, along with two complementary analyses. The results revealed four distinct biosecurity management profiles, and it was shown that the use of installed capacity (UIC) differed among them. In addition to specific associations with profile membership, the canton and the purpose of operation were also considered. For example, the case of Santiago de Píllaro revealed a higher probability (OR = 4.958*) of belonging to the “Incomplete Structural Biosafety Management” profile. Likewise, the farming purpose “Other” also showed a higher probability of belonging to this group (OR = 5.042*). In conclusion, biosecurity management and the UCI are interdependent variables on farms in the province. This means that they are interconnected and essential to the operation of the business. Therefore, evaluating them together is essential for achieving more predictable production and improving decision-making regarding production resources.

Keywords: *Biosecurity management, installed capacity, latent class analysis, poultry farming, decision-making*

INTRODUCCIÓN

El sector avícola constituye un pilar fundamental en la economía ecuatoriana. Cada granja funciona como una entidad empresarial que contribuye al desarrollo económico del país. Esta actividad aporta con un 4% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y con un 24% al PIB agropecuario. Dicha relevancia muestra un crecimiento en la cadena de valor del sector, que superó los 4.000 millones de dólares en el último año (1). Dentro de este contexto, la provincia de Tungurahua ocupa un lugar estratégico al concentrar la mayor producción de huevos del país con una participación de 39.39% del total nacional, seguida por Cotopaxi con un 36.57%, a diferencia del resto de provincias, donde el porcentaje de producción resulta significativamente menor (2).

Dentro de este panorama el crecimiento ha sido notable en los últimos años. En 2023 se registraron 61.3 millones de aves criadas en planteles avícolas; para el año 2024 la cifra ascendió a 62 millones y en los datos más recientes de 2026 alcanzó los 83.2 millones, lo que refleja un crecimiento acelerado (3). A raíz de lo mencionado, el problema central que guía esta investigación radica en que, a medida que crece la producción, las granjas enfrentan dos aspectos que se han estudiado de forma separada pero que ocurren al mismo tiempo. Por un lado, deben gestionar la bioseguridad para proteger la salud de las aves y prevenir enfermedades y, por otro lado, deben aprovechar de manera eficiente sus instalaciones, es decir, usar adecuadamente su

capacidad instalada. Sin embargo, no se conoce con claridad si una mejor bioseguridad ayuda a aprovechar al máximo las instalaciones, o tanta inversión en protección provoca que se desaproveche el espacio disponible.

En este contexto, los predios avícolas se posicionan como unidades empresariales. Desde la Teoría Clásica de la Administración, se requiere planear, organizar, dirigir y controlar para alcanzar los objetivos (4). Además, estos recintos avícolas integran diferentes tipos de recursos que deben coordinarse entre sí para asegurar la continuidad de las operaciones, no obstante, la concentración de aves en los galpones puede favorecer la aparición y propagación de enfermedades. Por ello, la elección de Tungurahua como territorio de estudio se justifica por datos oficiales que demostraron que tras el primer caso de influenza aviar en noviembre de 2022, se declaró la emergencia zoonosaria y se priorizó la vacunación en esta provincia (5). Posteriormente en noviembre de 2023, se emitió una recomendación oficial para intensificar las medidas de bioseguridad (6).

Bajo esta perspectiva, la bioseguridad se define como un conjunto de acciones o medidas adoptadas para mitigar la introducción, consolidación y propagación de enfermedades tanto al interior como entre explotaciones avícolas. De acuerdo con Ismael et al. (7) mencionan que la bioseguridad se enmarca en categorías conceptuales, estructurales y operativas. Aun así, su implementación varía entre establecimientos por diferencias en infraestructura, tipo de producción y conocimiento, lo cual desde la Teoría de la Contingencia se explica que no existe una única forma óptima de organizar, puesto que la gestión depende de las características específicas de cada unidad productiva (8).

De este modo, para este estudio se entiende que la gestión de la bioseguridad es el componente administrativo que posibilita un manejo integral de los predios avícolas. Al situar a la gestión como elemento central, el conjunto de prácticas aisladas de la bioseguridad se transforma en un sistema ordenado y continuo, capaz de cubrir todas las áreas y procesos de la granja, lo que asegura la protección ante riesgos y la sostenibilidad de la producción.

Por otro lado, con respecto a la capacidad instalada, Slack y Jones (9) mencionan que se encuentra entre lo más importante de un negocio. Estos autores explican que la capacidad define cuánto puede producir o alojar una instalación con los recursos que tiene disponibles. En la misma línea, desde la Administración de Operaciones, Heizer et al. (10) señalan que lo verdaderamente útil no es conocer solamente ese límite máximo, sino saber cuánto de ese potencial se aprovecha realmente. Cuando una granja no aloja la cantidad máxima que podría albergar, se genera capacidad ociosa, pero esto no implica una deficiencia en su gestión, dado que mantener espacios desocupados llega a ser una decisión estratégica para garantizar el bienestar animal y la productividad de los lotes.

Estudios a nivel mundial como el de Ziebe et al. (11) evaluaron a 57 granjas avícolas en Adamawa y el Norte de Camerún, comprobaron que las explotaciones con mejores estándares de bioseguridad registraron resultados favorables y menores tasas de mortalidad. Por su parte, Tsegaye et al. (12) en su indagación en Etiopía observaron que las granjas pequeñas presentaban niveles significativamente más bajos de bioseguridad en comparación con las de mayor tamaño.

De este modo, se evidencia que contar con una explotación más grande no significa que se gestione mejor, es decir, mientras las instalaciones mayores disponen de más recursos, también manejan operaciones más complejas que exigen procedimientos ordenados y constantes, en tanto que las explotaciones menores suelen enfrentar limitaciones económicas o de personal que dificultan la aplicación de ciertas prácticas.

En el ámbito latinoamericano, Solano (13) en un diagnóstico realizado en Colombia, encontró un cumplimiento promedio de los procedimientos operativos y diferencias marcadas entre las granjas registradas y las no registradas. Esta situación refleja una brecha considerable en la formalización administrativa del sector, en la cual la bioseguridad se percibe más como una exigencia normativa que como una decisión de gestión.

En el contexto ecuatoriano, Tisalema et al. (14) tras estudiar 148 unidades de producción, establecieron que la capacidad instalada se aprovecha en un destacado promedio y que la forma de organizar las actividades cambia según el tamaño, el tipo de producción y los recursos disponibles en cada granja. Desde otra perspectiva, Ramos et al. (15) analizaron el riesgo sanitario derivado de la concentración de explotaciones avícolas en el mismo territorio, por lo que se concluyó que, la cercanía entre granjas con bajos estándares de bioseguridad incrementa notablemente el riesgo de propagación de enfermedades.

A partir de lo revisado, el presente estudio busca aportar a la literatura, dado que hasta el momento no se han identificado investigaciones que relacionen directamente la gestión de la bioseguridad con el grado de aprovechamiento de la capacidad instalada. Esta carencia de información impide comprender si las explotaciones que gestionan mejor su bioseguridad aprovechan de manera eficiente su infraestructura, o viceversa. En consecuencia, la pregunta que orienta este estudio es: ¿De qué manera se relacionan la gestión de la bioseguridad y el uso de la capacidad instalada en las granjas avícolas de Tungurahua, Ecuador? Con el fin de dar respuesta a esta interrogante la investigación recurrirá al Análisis de Clases Latentes (ACL), herramienta que permite distinguir distintas clases que, en este estudio se nombrarán 'Perfiles'. De este modo, se espera generar información útil que oriente mejores decisiones administrativas y fortalezca el desempeño operativo del sector avícola en la provincia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se basó en un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental dado que no se manipuló variables (16). Además, se desarrolló bajo un corte transversal pues la data empleada corresponde a un periodo específico, derivada de una fuente secundaria perteneciente a la información del Catastro Avícola del INEC mediante el sistema de Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del último año disponible. En concordancia con el objetivo mencionado, el alcance de esta investigación es correlacional, puesto que se pretende encontrar asociación, mas no causalidad (17).

Por otro lado, para el objeto de estudio se analizó los 303 predios avícolas de Tungurahua presentados en el catastro. Sin embargo, en la depuración de la información se excluyó la

explotación que reflejaba inconsistencias, por lo que, se consideró a 302 predios para este estudio.

Se aplicó el Análisis de Clases Latentes (ACL) conocido en inglés como Latent Class Analysis (LCA), entendido como una técnica estadística que permite identificar clases o grupos relativamente heterogéneos a partir de un conjunto de ítems o indicadores (18). Las clases se denominaron latentes debido a que no se observaron directamente, sino que se infirieron mediante los patrones de respuesta registrados en los indicadores analizados (19). Para llevar a cabo el análisis mencionado, se empleó la siguiente fórmula:

$$\Pr(Y_1, Y_2, \dots, Y_J) = \sum_{k=1}^K \pi_k \prod_{j=1}^J \Pr(Y_j | X = K)$$

Donde:

- $\Pr(Y_1, Y_2, \dots, Y_J)$: probabilidad del patrón de respuestas observado.
- K : número de clases latentes (perfiles).
- k : índice que recorre cada clase (de 1 a K).
- π_k : probabilidad de pertenecer a la clase k , es decir el tamaño de perfil.
- J : número de ítems o indicadores
- j : índice que recorre cada ítem (de 1 a J).
- $\Pr(Y_j | X = k)$: probabilidad condicional de responder al ítem j dado pertenecer a la clase k .
- X : es la variable latente misma.

El procedimiento se desarrolló mediante el enfoque ingenuo de tres pasos; 1. el modelo de medición se estima solo, 2. las unidades se asignan a clases latentes, 3. las asignaciones de clases posteriores se relacionan con las covariables; y con dos análisis complementarios. En esta misma línea, Bolck et al. (20) señalaron que, en este enfoque, el paso 2 presenta un error de clasificación. Sin embargo, Bakk y Kuha (21) argumentan que cuando existe una buena separación de clases (entropía > 0.80) el sesgo disminuye notablemente, acercándose a los resultados de los enfoques con corrección.

Paso 1. El modelo de medición se estima solo

En este estudio, la variable latente fue la gestión de la bioseguridad (clases latentes), mientras que los indicadores observados representaron las prácticas de bioseguridad implementadas en las unidades productivas, provenientes del componente de “Información de bioseguridad” del catastro avícola. Específicamente, se consideraron doce indicadores (J): Cerca perimetral, Malla antipájaros, Duchas y cambio de ropa, Sistema de desinfección, Alimentos protegidos del ambiente externo, Red de agua potable para consumo animal, Registro de consumo de alimento, agua, producción, Control de acceso de perros y gatos, Control de insectos, Control de roedores, Reportes de morbilidad/mortalidad, Plan de sacrificio sanitario. Para una mejor visualización, se presentan en la Figura 1. Asimismo, se asumió el supuesto de independencia local, según el cual,

una vez considerada la pertenencia a una clase latente, las respuestas a los indicadores son condicionalmente independientes entre sí.

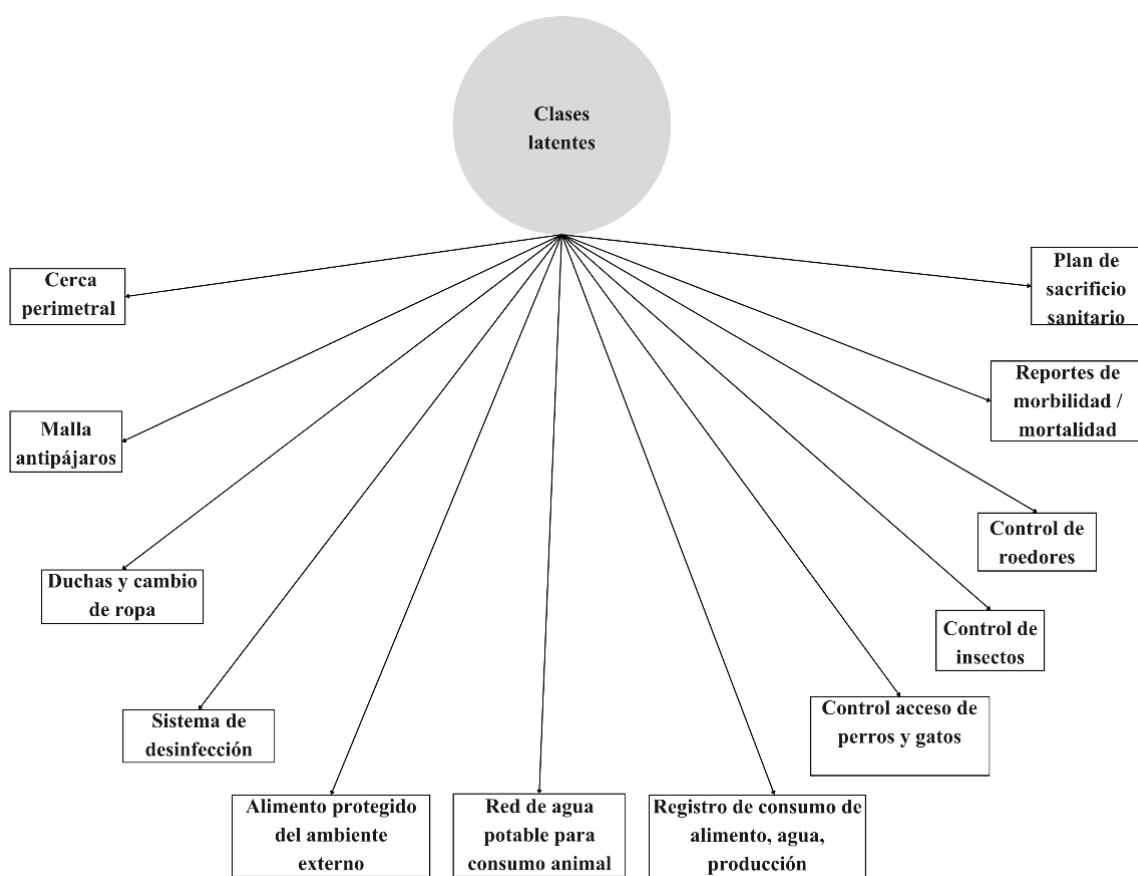


Figura 1. Indicadores de bioseguridad.

Elaboración propia.

Nota. Cajas: indicadores observados; círculo: variable no observable o latente.

Seguidamente para determinar el número óptimo de clases latentes se compararon criterios como Criterio de Información de Akaike (AIC), Criterio de Información Bayesiano (BIC), Ajuste del Criterio de Información Bayesiano (aBIC), donde el valor más bajo, indicó el mejor ajuste. Además, los resultados de la prueba de Razón de Verosimilitud de Bootstrap (BLRT), evitaron que se incluya clases innecesarias, debido a que, se requiere un $p\text{-valor} \leq 0.05$ (22). También se tomó en cuenta la calidad de la separación de clases (entropía >0.80 = adecuada separación), y a su vez se verificó que ninguna clase sea tan pequeña ($< 5\%$) que no tenga sentido estadístico ni conceptual (tamaño mínimo de clase) (23).

Se estimaron las probabilidades condicionales de los indicadores en cada perfil y se contrastó con la literatura para nombrarlos.

Paso 2. Asignar unidades a las clases latentes

Tras la estimación del modelo de clases latentes, se calcularon las probabilidades posteriores para cada granja, a fin de asignarlas al perfil de mayor probabilidad. Además, se cuantificó el error de clasificación, y la precisión media de asignación, lo que permitió que la clasificación proporcione una base para los análisis posteriores (21).

Análisis complementario 1

Para el cálculo del Uso de la Capacidad Instalada (UCI) se empleó la siguiente fórmula:

$$UCI = \frac{\text{Capacidad de aves ocupada}}{\text{Capacidad de aves instalada}} \times 100$$

Donde:

- **Capacidad de aves ocupada**: número de aves que se registraron en el momento específico del levantamiento de la información.
- **Capacidad de aves instalada**: número de aves totales que puede albergar el predio.

Los valores de UCI superiores al 100 %, indicaron que la capacidad ocupada superó la capacidad instalada. Estos casos corresponden a una respuesta orientada a mayores ganancias económicas debido a la creciente demanda de productos de origen avícola (24). Se mantuvieron estos valores por constituir una práctica real y documentada.

Una vez calculado el UCI, se evaluó la distribución de los datos del UCI mediante un gráfico Q-Q y con la prueba de Shapiro Wilk (3 grupos <50 observaciones), se verificó el supuesto de normalidad, en donde un p-valor ≤ 0.05 , significaba no normalidad en los datos. Adicional a esto, se empleó un diagrama de cajas y bigotes para explorar visualmente cómo se comportaba el UCI dentro de cada perfil de bioseguridad, con lo cual se identificó sus medianas y grados de superposición. Además, ante la no normalidad de los datos, se optó por la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para la verificación de las diferencias significativas (p-valor ≤ 0.05) entre los perfiles de gestión de bioseguridad y el UCI (25).

Se complementó con la prueba Post hoc de Dunn para distinguir entre que pares de perfiles específicamente se encontraban las diferencias, pero debido a que, múltiples comparaciones provocan la probabilidad de error tipo I, se aplicó la corrección de Holm sobre el valor p. Se eligió esta corrección por ser menos conservadora y detectar eficientemente las diferencias reales existentes. En función de ello, se consideraron estadísticamente significativas las comparaciones que presentaron un valor p ajustado ≤ 0.05 (26).

Paso 3. Ajusta el modelo con las covariables

Se estimó un modelo de regresión logística multinomial, debido a que permitió identificar qué factores se asocian a la probabilidad de pertenecer a cada uno de los perfiles identificados. Este modelo es adecuado porque la asignación de los perfiles como variable latente en la regresión,

es categórica, con más de dos categorías no ordenadas, lo que permite estimar simultáneamente la probabilidad de pertenecer a cada perfil con categorías de referencia (27).

En este caso, se seleccionó como categoría de referencia de la variable latente, el perfil que representaba el patrón deseable de gestión. Asimismo, para las variables predictoras, se eligió como referencia el cantón y el propósito de explotación que constituían los sistemas productivos y territoriales representativos de la provincia. Esta elección de categorías por representatividad permite una interpretación más clara de los resultados (28).

Para mostrar los resultados se utilizaron Odds Ratio (OR) así como intervalos de confianza (IC95%) y valores p. Autores como Otieno et al. (29) señalan que OR indica la magnitud y dirección de la relación donde valores menores a 1 revelan que el predictor disminuye la probabilidad de pertenecer al perfil con respecto al de referencia, valores mayores en cambio aumentan esa probabilidad. Por su parte el IC 95% informa sobre la precisión de la estimación y si no incluye valor de 1, indica asociación estadísticamente significativa ($p\text{-valor} \leq 0.05$).

Para la bondad de ajuste del modelo se aplicó la prueba de verosimilitud para determinar si incluir los predictores aportaba información relevante para predecir la pertenencia a los perfiles ($p \leq 0.05$) o si por el contrario no añadía nada ($p > 0.05$). A su vez, se utilizó el pseudo R^2 de McFadden; una medida que cuantifica la magnitud de la mejora en la capacidad predictiva del modelo; puesto que se considera estándar en este tipo de regresiones, donde la variable dependiente es categórica y el modelo se estima por máxima verosimilitud. Si bien Nzuzi et al. (30) mencionan que valores de R^2 de McFadden entre 0.2 – 0.4 son aceptables. Por su parte, Greene (31) argumenta que valores bajos son esperados en modelos multinomiales, especialmente cuando las preferencias son heterogéneas.

Análisis complementario 2

Finalmente, para evaluar la solidez de los hallazgos se realizó un análisis de sensibilidad para lo cual se excluyó a las unidades productivas que presentaban un valor UCI mayor al 100%, el análisis de regresión logística multinomial se repitió con esta muestra depurada para comparar los resultados obtenidos con los del análisis completo y con esto se verificó la estabilidad de las asociaciones.

Para todas las etapas mencionadas se utilizó el software estadístico R (Versión 4.6.1), los paquetes utilizados fueron los siguientes: polCA con el algoritmo EM y nnet para el enfoque de tres pasos, el paquete FSA para Kruska-Wallis y Dunn con ajuste de Holm con su función principal `dunnTest()`. De este modo, se contó con las herramientas necesarias para procesar la información y examinar con rigor la relación entre la gestión de bioseguridad y el uso de la capacidad instalada en los predios avícolas.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los hallazgos conforme a la metodología descrita previamente.

Paso 1. El modelo de medición se estima solo

Por consiguiente, en la Tabla 1 se compara los criterios de ajuste para seleccionar el número de clases o perfiles óptimos en este estudio.

Tabla 1. Métricas de ajuste de LCA.

Clases	logLik	BIC	AIC	aBIC	Entropía	clase min	BLRT
2	-1440.06	3022.88	2930.12	2943.59	0.942	23.2	0
3	-1356.62	2930.24	2789.24	2809.72	0.903	13	0
4	-1315.17	2921.57	2732.34	2759.83	0.931	8.1	0
5	-1295.99	2957.45	2719.99	2754.48	0.938	8	0
6	-1281.96	3003.63	2717.93	2759.43	0.943	6.1	0.6

Elaboración propia.

Nota: Datos obtenidos a través del software RStudio.

Se comparó conjuntamente los criterios de información, la prueba BLRT, la entropía y el tamaño mínimo de clase. De este modo, se encontró que el AIC favoreció la solución de 6 clases, el BIC alcanzó su valor más bajo en 4 clases y el aBIC resultó ligeramente inferior en 5 clases. No obstante, la solución de 6 clases se descartó, dado que la prueba BLRT, mediante 50 réplicas bootstrap, indicó que añadir clases adicionales luego de la quinta, era innecesario. Por tanto, la decisión quedó entre las soluciones de 4 y 5 clases que presentaron respectivamente el BIC y aBIC. Si bien la solución de 5 clases produjo el valor más bajo de aBIC, la mejora en el ajuste con respecto a la de 4 clases fue mínima ($2759.83 - 2754.48$) (23). Bajo esta consideración y dado que el BIC se considera el criterio más confiable y parsimonioso para la selección de número de clases se escogió el modelo de 4 clases (22). Además, la entropía se situó por encima de 0.80, lo que significó una adecuada separación de clases. En cuanto al tamaño mínimo de la clase, este fue mayor al 5%, por lo que tiene sentido estadístico y conceptual.

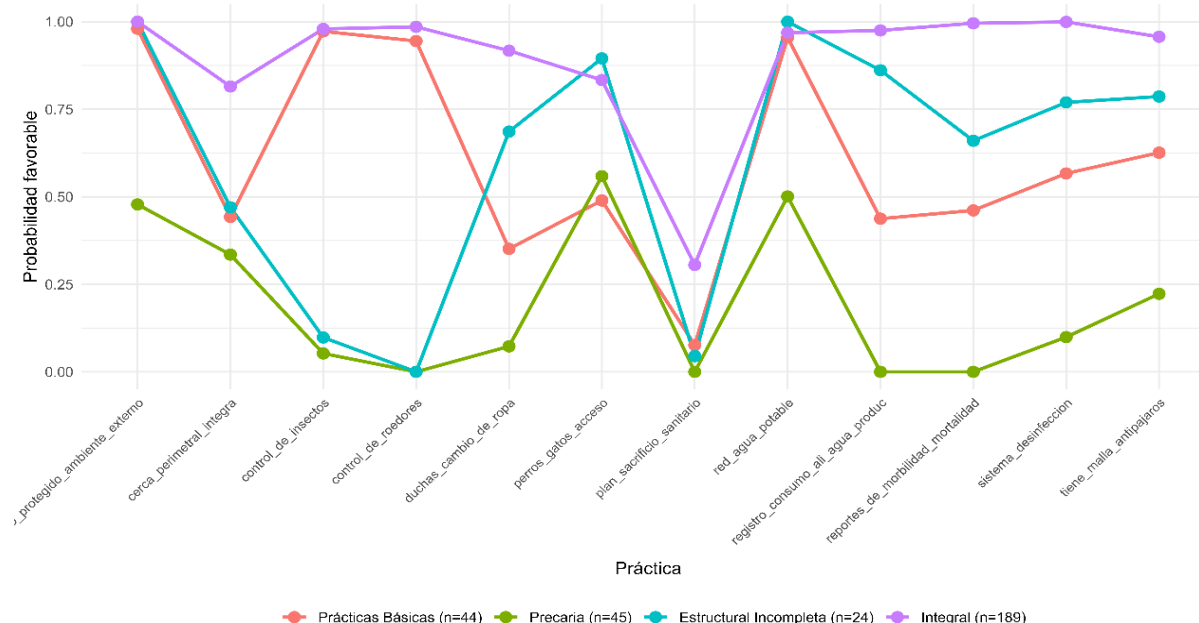


Figura 2. Perfiles de bioseguridad – Probabilidades de respuesta condicional
Elaboración propia.

Nota. Datos obtenidos a través del software RStudio.

Seguido a esto, como se muestra en la Figura 2, las líneas representan los perfiles de gestión identificados. Se comenzó por la línea roja, esta clase se caracterizó por presentar una alta probabilidad en prácticas como alimentos protegidos del ambiente externo, red de agua potable, así como en el control de insectos y control de roedores, pero mostró limitaciones en otras prácticas más estructuradas. Al contrastar con la literatura, Oliveira et al. (32) señalan que estas medidas son vitales dado que variaciones negativas en la gestión del agua y alimento, puede convertirse en un punto crítico para la implementación de las demás prácticas. Por tal motivo, se denominó: *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas*.

En una segunda instancia, la línea de color verde refleja un perfil de bioseguridad que se nombró como: *Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria*, dado que evidenció una limitada probabilidad de cumplimiento en la mayoría de las prácticas. Investigaciones como las de Otieno et al. (29) identificaron perfiles similares, caracterizados por una baja adopción de prácticas de bioseguridad.

Por otro lado, la línea con tonalidad cian reflejó debilidades importantes en el control de insectos y roedores, así como en el plan de sacrificio sanitario que, dicho sea de paso, fue la práctica de bioseguridad que registró menor probabilidad de implementación en los cuatro perfiles identificados. De acuerdo con Dhakal et al. (33) se diferencia a las medidas estructurales de las operacionales, por ende, al existir una base estructural pero no un cumplimiento total de las prácticas se reconoció como: *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta*.

Por último, la línea morada, que se sitúa en la parte superior del gráfico, mostró alta probabilidad de cumplimiento en prácticamente todas las medidas evaluadas. En la literatura, Tujimoto et al.

(34) indican que una bioseguridad integral combina prácticas estructurales y operacionales de manera conjunta. En función de lo señalado, se catalogó como: *Perfil de Gestión de Bioseguridad Integral*.

Paso 2. Asignar unidades a las clases latentes

Como se indicó, la entropía fue alta (0.9306), que representó una adecuada separación de clases. Sumado a esto, el error de clasificación fue mínimo (0.0341) que equivale a una precisión aproximada de 96.6%. Los perfiles evidenciaron diferentes tamaños muestrales. El *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas* concentró el 14.6%, correspondiente a 44 granjas. En cuanto al *Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria* agrupó el 14.9%, equivalente a 45 unidades avícolas. Por otro lado, el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* reunió al 7.9%, conformado por 24 explotaciones. Finalmente, el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Integral* comprendió el 62.6%, es decir 189 instalaciones avícolas.

A partir de esto, se determinó que la clasificación de granjas fue válida para los análisis siguientes.

Análisis Complementario 1

Tabla 2. Descriptivos UCI.

Min	1 st Quartil	Mediana	Media	3 rd Quartil	Max	Desv.Estándar
0.00	39.17	73.33	64.33	98.82	125.00	36.15

Elaboración propia.

Nota: Datos derivados del software RStudio.

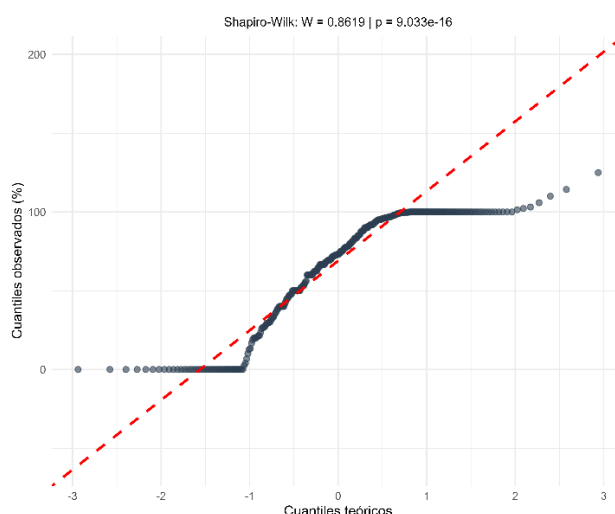


Figura 3. Distribución del uso de capacidad instalada (UCI).

Elaboración propia.

Nota. Datos obtenidos a través del software RStudio.

Tras el cálculo del UCI, para evaluar la distribución de los datos, se utilizó el gráfico Q-Q como se muestra en la Figura 3, que reveló desviaciones especialmente en los extremos. Asimismo, los resultados de Shapiro Wilk fueron significativos ($W=0.8619$; $p\text{-valor} \leq 0.05$) por lo que, se rechazó el supuesto de normalidad en los datos del UCI.

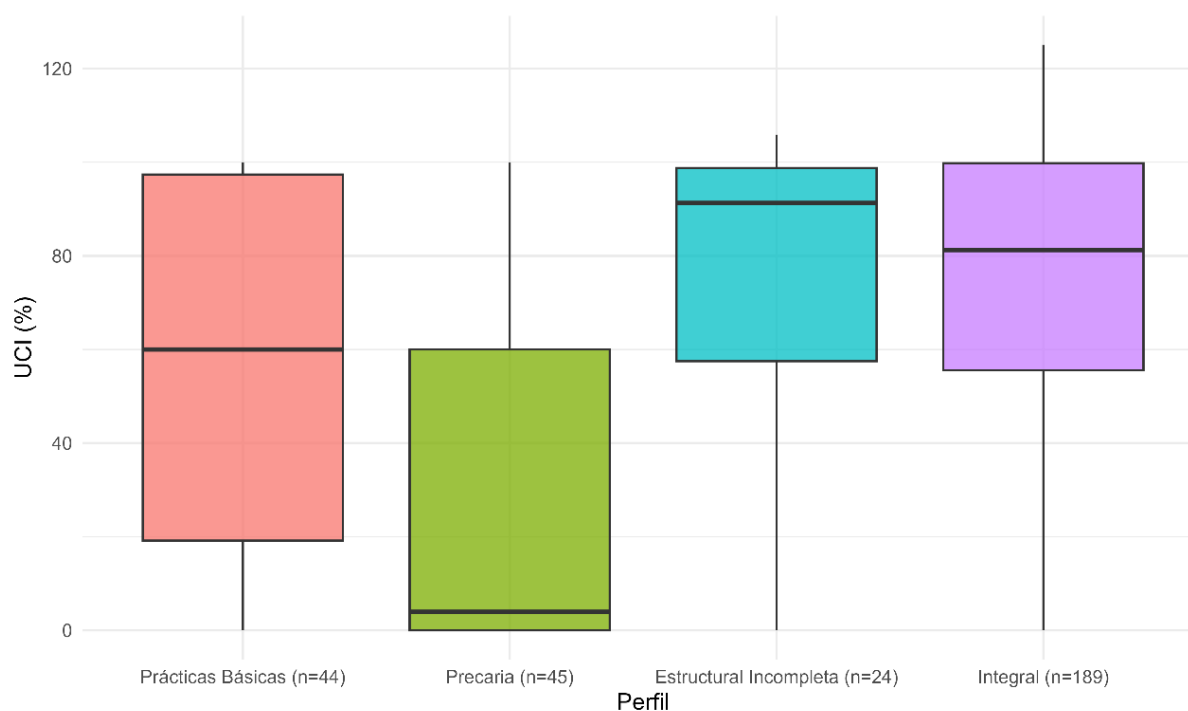


Figura 4. Distribución de UCI por perfil de bioseguridad.

Elaboración propia.

Nota. Datos obtenidos a través del software RStudio.

También, se presenta la distribución del UCI por perfil de bioseguridad mediante un diagrama de cajas y bigotes, en la Figura 4. Primero, el *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas* mostró una mediana de 60%. Por su parte, el perfil que presentó la mediana más baja (3.93%) fue el de *Gestión de Bioseguridad Precaria*. Además, tanto el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* (91.27%) como el de *Gestión de Bioseguridad Integral* (81.25%) registraron las medianas más altas; asimismo, sus cajas concentraban valores superiores al 60% y revelaban una gran superposición entre sí, lo que sugería niveles de utilización similares. La concentración de observaciones en 0% se explican por el vacío sanitario o proceso de limpieza derivado del cumplimiento de los protocolos de desinfección. Por otra parte, los registros de sobreocupación (125%) se debieron a situaciones de saturación de las instalaciones documentadas en la producción avícola.

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis confirmaron diferencias altamente significativas en el UCI según la forma de gestión de bioseguridad ($H = 43.2489$, $gl = 3$, $p \leq 0.05$). Por consiguiente, la Tabla 3 describe las comparaciones por pares mediante la prueba post hoc de Dunn con ajuste de Holm.

Tabla 3. Prueba post hoc de Dunn con ajuste de Holm

Comparacion	Z	p_valor_bruto	p_valor_ajustado_Holm	Significativo
Perfil_1 - Perfil_2	2.6131	0.009	0.0269	*
Perfil_1 - Perfil_3	-2.0685	0.0386	0.0772	
Perfil_2 - Perfil_3	-4.2685	0	0.0001	*
Perfil_1 - Perfil_4	-2.8407	0.0045	0.018	*
Perfil_2 - Perfil_4	-6.2066	0	0	*
Perfil_3 - Perfil_4	0.2281	0.8196	0.8196	

Elaboración propia.

Nota: Datos obtenidos a través del software RStudio.

Se revisó el p-valor ajustado de Holm, donde el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria* (Perfil 2) presentó valores de UCI significativamente inferiores a los del *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas* (Perfil 1) con un p ajustado = 0.0269.

Por otro lado, cuando se comparó el Perfil 2 con el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* (Perfil 3) mostró esta misma relación, con un p ajustado = 0.0001. Al igual que ocurrió al comparar el Perfil 2 con el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Integral* (Perfil 4) la significancia inferior se mantuvo (p ajustado < 0.05). A su vez el Perfil 4 reportó un UCI significativamente superior al Perfil 1 (p ajustado = 0.018). Por el contrario, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el Perfil 1 y el Perfil 3 (p ajustado = 0.0772), ni entre el Perfil 3 y el Perfil 4 (p ajustado = 0.8196). De manera conjunta los resultados señalaron que las granjas que apenas aplicaron medidas de bioseguridad (Perfil 2) son las que menos aprovechaban sus instalaciones.

Paso 3. Ajustar el modelo con las covariables

Las categorías de referencia para estimar el modelo de regresión logística multinomial fueron: *Perfil de Gestión de Bioseguridad Integral* (62.6%), cantón San Pedro de Pelileo (48.7%) y el propósito de explotación Ponedoras Comerciales (75.2%).

Tabla 4. Regresión Logística Multinomial

Comparación	Predictor	OR (IC 95%)
Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas	(Intercept)	0.388* (0.159 - 0.951)
	UCI	0.984* (0.974 - 0.995)
	AMBATO	1.554 (0.669 - 3.608)
	BAÑOS DE AGUA SANTA	0.328 (0.032 - 3.330)
	CEVALLOS	4.117 (0.781 - 21.718)
	MOCHA	1.982 (0.449 - 8.752)
	PATATE	2.526 (0.640 - 9.981)
	QUERO	7.164 (0.839 - 61.175)
	SANTIAGO DE PÍLLARO	0.484 (0.051 - 4.621)
	TISALEO	0* (0 - 0)
	proposito_de_explotacion Otros	2.713 (0.464 - 15.857)
	Planta incubadora y otros	1.877 (0.286 - 12.331)
	Pollos de engorde	2.473 (0.887 - 6.896)
Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria	(Intercept)	0.807 (0.352 - 1.852)
	UCI	0.97* (0.960 - 0.981)
	AMBATO	1.687 (0.726 - 3.918)
	BAÑOS DE AGUA SANTA	0.471 (0.069 - 3.239)
	CEVALLOS	0* (0 - 0)
	MOCHA	0.499 (0.052 - 4.776)
	PATATE	0* (0 - 0)
	QUERO	3.611 (0.238 - 54.739)
	SANTIAGO DE PÍLLARO	1.458 (0.315 - 6.759)
	TISALEO	1.208 (0.035 - 42.124)

Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta	proposito_de_explotacion	
	Otros	4.582*(1.047 - 20.063)
	Planta incubadora y otros	1.595 (0.222 - 11.445)
	Pollos de engorde	2.379 (0.841 - 6.724)
	(Intercept)	0.051* (0.011 - 0.247)
	UCI	1.01 (0.993 - 1.027)
	AMBATO	0.514 (0.138 - 1.917)
	BAÑOS DE AGUA SANTA	1.462 (0.196 - 10.886)
	CEVALLOS	2.687 (0.265 - 27.260)
	MOCHA	0* (0 - 0)
	PATATE	0* (0 - 0)
	QUERO	0* (0 - 0)
	SANTIAGO DE PÍLLARO	4.958*(1.245 - 19.744)
	TISALEO	0* (0 - 0)
	proposito_de_explotacion	
	Otros	5.042*(1.021 - 24.906)
	Planta incubadora y otros	0* (0 - 0)
	Pollos de engorde	2.246 (0.539 - 9.355)

Elaboración Propia.

Nota: OR, Odds Ratio; p-valor < 0,05 *; (IC 95%), Intervalo de Confianza inferior-superior. En base a los resultados del software RStudio.

La Tabla 4 presenta valores OR que denotaban al UCI como predictor significativo para el *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas* (OR= 0.984*, (0.974 - 0.995)) así como para el *Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria* (OR= 0.970*, (0.960 - 0.981)), lo que dejó ver que a mayor utilización de la capacidad instalada disminuye la probabilidad de pertenecer a estos perfiles en lugar del perfil integral. Mientras que el UCI no diferenció al perfil 3 del perfil de referencia (OR= 1.01, (0.993 - 1.027)) lo que coincidió con los resultados similares entre sí, acerca del aprovechamiento de la capacidad.

Por otro lado, la ubicación geográfica, es decir, el cantón mostró asociaciones significativas especialmente en Santiago de Píllaro que registró una probabilidad elevada de pertenecer al *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* (OR= 4.958*, (1.245 - 19.744)), mientras que

otros cantones se asociaron en mayor medida al *Perfil de Gestión de Bioseguridad Integral*. Como último predictor el propósito de explotación 'Otros', compuesto por predios de producción de codornices, gallos de pelea y otros, también reportó mayor probabilidad de pertenecer al *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* (OR= 5.042*, (1.021 - 24.906)). Por su parte, valores de 0* , (0 - 0), muestran que no se encontraron casos en esa categoría.

A partir de esto se evidenció que la gestión de la bioseguridad no solo responde a criterios productivos sino a componentes contextuales, como la ubicación geográfica y tipo de explotación.

La prueba de verosimilitud indicó que el incluir los predictores, mejoró significativamente el modelo en comparación con el modelo nulo ($\chi^2 = 108.18$, gl = 36, $p \leq 0.05$). Paralelamente el pseudo de R² McFadden fue de 0.169 (17%), un valor esperado debido a las preferencias heterogéneas por lo que se consideró una magnitud de mejora coherente.

Análisis Complementario 2

En seguida se presenta en la Tabla 5 el análisis de sensibilidad en donde se excluyeron los casos de valores atípicos del UCI, que representaban el 2.3% de la población de objeto de estudio (7 casos).

Tabla 5. Análisis de sensibilidad.

Comparación	Predictor	Completo			Sensibilidad		
		OR	(	IC 95%)	OR	(	IC 95%)
Perfil de Gestión de Bioseguridad Prácticas Básicas	(Intercept)	0.388*	(0.159 -	0.951)	0.375*	(0.152 -	0.923)
	UCI	0.984*	(0.974 -	0.995)	0.985*	(0.975 -	0.995)
	AMBATO	1.554	(0.669 -	3.608)	1.587	(0.681 -	3.696)
	BAÑOS DE AGUA SANTA	0.328	(0.032 -	3.330)	0.331	(0.033 -	3.361)
	CEVALLOS	4.117	(0.781 -	21.718)	4.111	(0.783 -	21.588)
	MOCHA	1.982	(0.449 -	8.752)	2.102	(0.468 -	9.439)
	PATATE	2.526	(0.640 -	9.981)	2.469	(0.627 -	9.724)
	QUERO	7.164	(0.839 -	61.175)	6.989	(0.824 -	59.255)
	SANTIAGO DE PÍLLARO	0.484	(0.051 -	4.621)	0.491	(0.052 -	4.670)
	TISALEO	0*	(0 -	0)	0*	(0 -	0)
	proposito_de_explotacion Otros	2.713	(0.464 -	15.857)	2.676	(0.46 -	15.576)
	Planta incubadora y otros	1.877	(0.286 -	12.331)	1.887	(0.289 -	12.328)
	Pollos de engorde	2.473	(0.887 -	6.896)	2.454	(0.883 -	6.82)
Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria	(Intercept)	0.807	(0.352 -	1.852)	0.794	(0.346 -	1.822)
	UCI	0.97*	(0.960 -	0.981)	0.971*	(0.96 -	0.982)
	AMBATO	1.687	(0.726 -	3.918)	1.699	(0.73 -	3.952)
	BAÑOS DE AGUA SANTA	0.471	(0.069 -	3.239)	0.475	(0.069 -	3.255)
	CEVALLOS	0*	(0 -	0)	0*	(0 -	0)
	MOCHA	0.499	(0.052 -	4.776)	0.515	(0.053 -	4.97)
	PATATE	0*	(0 -	0)	0*	(0 -	0)

Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta	QUERO	3.611 (0.238 - 54.739)	3.521 (0.234 - 53.036)
	SANTIAGO DE PÍLLARO	1.458 (0.315 - 6.759)	1.478 (0.321 - 6.811)
	TISALEO	1.208 (0.035 - 42.124)	1.203 (0.036 - 40.568)
	proposito_de_explotacion Otros	4.582* (1.047 - 20.063)	4.556* (1.046 - 19.836)
	Planta incubadora y otros	1.595 (0.222 - 11.445)	1.596 (0.223 - 11.408)
	Pollos de engorde	2.379 (0.841 - 6.724)	2.363 (0.838 - 6.657)
	(Intercept)	0.051* (0.011 - 0.247)	0.055* (0.011 - 0.267)
	UCI	1.01 (0.993 - 1.027)	1.009 (0.992 - 1.026)
	AMBATO	0.514 (0.138 - 1.917)	0.358 (0.076 - 1.681)
	BAÑOS DE AGUA SANTA	1.462 (0.196 - 10.886)	1.363 (0.182 - 10.187)
	CEVALLOS	2.687 (0.265 - 27.260)	2.61 (0.257 - 26.472)
	MOCHA	0* (0 - 0)	0* (0 - 0)
	PATATE	0* (0 - 0)	0* (0 - 0)
	QUERO	0* (0 - 0)	0* (0 - 0)
	SANTIAGO DE PÍLLARO	4.958* (1.245 - 19.744)	4.718* (1.184 - 18.801)
	TISALEO	0* (0 - 0)	0* (0 - 0)
	proposito_de_explotacion Otros	5.042* (1.021 - 24.906)	5.087* (1.02 - 25.355)
	Planta incubadora y otros	0* (0 - 0)	0* (0 - 0)
	Pollos de engorde	2.246 (0.539 - 9.355)	2.341 (0.553 - 9.901)

Elaboración Propia.

Nota. OR, Odds Ratio; $p\text{-valor} \leq 0,05$ *; (IC 95%), Intervalo de Confianza inferior-superior. En base a los resultados del software RStudio.

Se mantuvo la estabilidad en el modelo, los coeficientes mostraron desviaciones mínimas. Primero el UCI mantuvo la asociación con el *Perfil de Gestión de Bioseguridad de Prácticas Básicas* (0.985*, (0.975- 0.995)) y *Perfil de Gestión de Bioseguridad Precaria* (0.971* (0.96 - 0.982)), sin diferenciar nuevamente al *Perfil de Gestión de Bioseguridad Estructural Incompleta* del perfil de referencia (1.009(0.992 - 1.026)). Asimismo, el efecto de la ubicación geográfica en Santiago de Píllaro tuvo una disminución mínima (4.718* (1.184 - 18.801)), a la vez el tipo de producción 'Otros' presentó una variación positiva leve (5.087* (1.02 - 25.355)). Estos resultados demostraron que la robustez de los hallazgos no dependía de casos de sobreutilización de capacidad, por lo que son consistentes y confiables.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indicaron que la gestión de la bioseguridad en el sector avícola de la provincia de Tungurahua se relaciona de manera diferenciada con el uso de la capacidad instalada. Los perfiles identificados no se disponen en una secuencia lineal, sino que responden a estructuras productivas y territoriales claras. Los hallazgos son consistentes con estudios previos que muestran que la bioseguridad no es un factor aislado, sino un fenómeno complejo determinado en gran parte por la planificación empresarial, la inversión en infraestructura y las

decisiones que garantizan la continuidad operativa y el cumplimiento de los objetivos productivos (35,36).

En este estudio se utilizó el análisis de clases latentes y se observó que las granjas no mejoran la bioseguridad de la misma forma; es decir, cada predio avícola combina las prácticas según su modelo de gestión y sus limitaciones específicas. Ayertey et al. (37) afirmaron que cuando una granja consolida su infraestructura y establece protocolos operativos estandarizados, su desempeño sanitario y su aprovechamiento de la capacidad instalada tienden a mejorar; algo semejante se observó en las explotaciones con bioseguridad integral de la provincia. En África, los sistemas avícolas pequeños y medianos presentaron un caso similar: Otieno et al. (38) reportaron que, al adoptar medidas estructurales, los productores elevaron su eficiencia y lograron una producción más previsible para cumplir con los planes de producción.

Al separar a la bioseguridad en distintos perfiles, se pudo evaluar que no todas las prácticas aportan de la misma forma al desempeño operativo. Lo señalado resulta comparable con los estudios de Bristot y Lima (39) y Waktole et al. (40), quienes encontraron que la bioseguridad impacta de forma distinta en los resultados productivos y sanitarios.

Por otra parte, la ubicación geográfica y el tipo de producción revelaron cambios en el perfil de bioseguridad y el UCI, lo que coincide con hallazgos previos como los de Pao et al. (41), estos autores expusieron que la adopción de prácticas sanitarias depende de factores sociales, experiencias compartidas y, con mayor frecuencia, del contexto territorial; debido a ello, las decisiones de gestión no se basan solo en criterios técnicos, sino también en la influencia del entorno en el que se opera. Adicionalmente, investigaciones similares analizaron el impacto económico de los brotes sanitarios, donde se evidenció que una bioseguridad bien gestionada protege la continuidad de la operación y evita pérdidas por interrupciones no previstas. Lo anterior indica que invertir en prevención también es una decisión administrativa que permite cumplir los objetivos empresariales (42).

A su vez, se manifiesta que el desempeño operativo por sí solo no refleja todo el riesgo sanitario existente. Por consiguiente, se recomienda orientar intervenciones según el perfil identificado o patrón de adopción de prácticas como: reforzar la infraestructura y los procesos donde hay carencias. Asimismo, se sugiere utilizar las dinámicas territoriales observadas para diseñar estrategias que conviertan la bioseguridad en una herramienta de gestión, y no solo una medida sanitaria más que debe cumplirse.

CONCLUSIONES

En conclusión, en respuesta a la interrogante de esta investigación se encontró que la relación no es uniforme, sino que cada granja presenta sus propias condiciones; cuando la bioseguridad es precaria (Perfil 2), la asociación es directa y positiva pues al mejorar la gestión preventiva se reduce la incertidumbre operativa y la producción se mantiene más constante con referencia al uso de la capacidad instalada. Por el contrario en el momento en que la granja cuenta con una buena estructura esta relación se complica, pues ciertas prácticas, aunque son necesarias no

manifiestan de forma inmediata una asociación directa con el aprovechamiento de la capacidad. En función de esto se entiende que diferentes combinaciones de medidas de bioseguridad pueden dar resultados operativos similares tal como se observó en los perfiles 3 y 4.

En términos de gestión empresarial estos hallazgos tienen sentido puesto que la bioseguridad bien integrada es la aplicación concreta de principios básicos de organización. Tal es el caso de que, cuando una unidad productiva implementa protocolos, estandariza procesos, lleva registros y planifica ciclos productivos, ejerce funciones básicas de administración que garantiza una mayor estabilidad operativa. En función de ello se reconoce que la estabilidad de los procesos es necesaria para cumplir los objetivos planeados. Aun así, no hay una forma perfecta que funcione para todas las granjas. Se observó que la ubicación y el propósito de explotación ejercen una influencia considerable sobre las decisiones de gestión. Esta situación se evidencia en que el contexto territorial, el modelo de negocio y las exigencias de cada unidad de explotación definen que prácticas adquieren mayor relevancia y como estas se traducen en resultados. En consecuencia, se debe adaptar las medidas a las condiciones de cada granja.

El aporte de este trabajo es mostrar que la gestión de la bioseguridad es, ante todo, un problema de organización y de adaptación a las circunstancias. Si bien, por una parte, los elementos de planear, organizar, dirigir y controlar explican que, la bioseguridad bien gestionada se asocia con un mejor desempeño. Por otra, la necesidad de ajustar las prácticas al contexto específico, muestran el por qué esta relación presenta diferencias. Además, adecuarlas al entorno avícola es igual de importante que cumplirlas. Futuras investigaciones podrían estudiar como estas distintas formas de gestión afectan los indicadores económicos y sanitarios a mediano plazo y por ende comprender que la administración preventiva de formas variadas conlleva a la sostenibilidad del sector.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) de la Universidad Técnica de Ambato. Este trabajo se deriva de los resultados obtenidos en el Proyecto de Investigación denominado “Fortalecimiento comercial para el desarrollo sostenible de las organizaciones asociativas de Tungurahua, Ecuador”, aprobado mediante Resolución Nro. UTA-CONIN-2023-0330 R PFCA29.

Así como, al grupo de investigación Desarrollo Financiero Empresarial (DFE) de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato, por su colaboración y contribución al desarrollo de este proyecto de investigación

DECLARACIÓN DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés relacionados con la investigación, autoría o publicación del presente artículo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONAVE. Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador. Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador. Estadísticas Públicas Información del Sector Avícola Ecuador. (Online); 2026. Recuperado a partir de: <https://conave.org/informacion-sector-avicola-publico/>
2. MAGP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Estado de la Producción de Huevos en Ecuador. (Online); 2024. Recuperado a partir de: <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas-2/situacional-huevos>
3. INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos Catálogo de Metadatos Estadísticos. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2025 (Online); 2025. Recuperado a partir de: <https://anda.inec.gob.ec/anda5/index.php/catalog/1319>
4. Daft R. Management. Boston: Cengage; 2022. 13 p.
5. Cabascango L. Influenza aviar y su impacto en la avicultura ecuatoriana. Anatomía Digital. 2023; 6(2): p. 37- 49.
6. AGROCALIDAD. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. Comunicado oficial del 24 de noviembre de 2023. (Online); 2023. Recuperado a partir de: <https://www.agrocalidad.gob.ec/comunicado-oficial-del-24-de-noviembre-de-2023/>
7. Ismael A, Abdella A, Shimelis S, Tesfaye A, Muktar Y. Assessment of biosecurity status in commercial chicken farms found in Bishoftu Town, Oromia Regional State, Ethiopia. Veterinary Medicine International. 2021; 5591932.
8. Donaldson L. The contingency theory of organizations. London:Foundations for Organizational Science; 2014.
9. Slack N, Jones A. Operationsd and process management. England:Pearson; 2021.
10. Heizer J, Render B, Munson C. Operations Management sustainability and supply chain management. 14th ed. Boston: Pearson; 2023
11. Ziebe S, Vougat R, Akoussa A, Bogning H, Zangue H. Impact of biosecurity on production performance and antimicrobial usage in broiler farms in Cameroon. Animals. 2025; 15(12): p. 1771.
12. Tsegaye D, Tamir B, Gebru G. Assessment of biosecurity practices and its status in small and medium scale commercial poultry farms in Arsi and EastShowa Zones, Oromia, Ethiopia. Poultry. 2023; 2(2): p. 334-348.
13. Solano R. Caracterización del sistema de bioseguridad en las granjas avícolas, en el municipio de Chinácota, Norte de Santander, Colombia. Ciencia y Agricultura. 2021; 18(2): p. 1-10.
14. Tisalema A, Vizuete J, Oyaque S. Diagnóstico operacional de la cadena de suministro avícola en pelileo: capacidad productiva, bioseguridad, infraestructura y flujos comerciales. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo. 2026; 7(19): p. 312-332.
15. Ramos S, Vizuete J, Guamán M. Análisis espacial del riesgo sanitario por concentración de granjas avícolas sin bioseguridad en la provincia de Tungurahua: Una propuesta de gestión preventiva para la sostenibilidad empresarial. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo. 2026; 7(18): p. 27–52.
16. Hernández R, Fernández C, Baptista M. Metodología de la investigación. México: McGrawHill Education; 2014.

17. Rodriguez C, Breña J, Esenarro D. Las variables en la metodología de la investigación científica. Alcoy:Editorial Científica 3Ciencias;2021.
18. Núñez F, Elías C. Ventajas metodológicas del uso del análisis de clases latentes (LCA) para investigar en comunicación. Aplicación empírica al estudio de la confianza en la ciencia. Comunicación & Métodos. 2026; 8(1): p. 6–23.
19. Slominski T, Odeleye O, Wainman J. Calling for equity-focused quantitative methodology in discipline-based education research: an introduction to latent class analysis. UC Riverside. 2024; 23(4): p. 1-10.
20. Bolck A, Croon M, Hagenaars J. Estimating latent structure models with categorical variables: One-step versus three-step estimators. Political Analysis. 2004; 12(1): p. 3–27.
21. Bakk Z, Kuha J. Two-step estimation of models between latent classes and external variables. Psychometrika. 2018; 82: p. 871–892.
22. Nylund K, Garber A, Singh J, Witkow M, Nishina A, Bellmore A. The utility of latent class analysis to understand heterogeneity in youth coping strategies: a methodological introduction. Behavioral Disorders. 2022; 48(2): p. 106-120.
23. Weller B, Bowen N, Faubert, S. Empirical–quantitative latent class analysis: A guide to best practice. Journal of Black Psychology. 2020; 46(4): p. 287–311.
24. Sugiharto S. Dietary strategies to alleviate high-stocking-density-induced stress in broiler chickens–acomprehensive review. Archives Animal Breeding. 2022; 65: p. 21-36.
25. Martínez R, Centurión L. Aplicación de pruebas estadísticas de distribución de datos y su utilidad en producción animal. Revista Lasallista de Investigación. 2024; 21(1): p. 8–22.
26. Rodrigues J, Piedade S, Lara I, Henrique F. Type I error in multiple comparison tests in analysis of variance. Acta scientiarum. Agronomy. 2022; 45(1): p. 57742.
27. Rafiq M, Ahmad F, Atiq M. The determinants of the crop residue management in Pakistan: An environmental appraisal. Business & Economic Review. 2019; 11(4): p.179–199.
28. Lagumbay V, Nitivattananon V, Lakra H. Into inclusive urban spaces: Insights from user behavior and perceptions in Cagayan de Oro City, the Philippines. International Journal of Sustainable Development and Planning. 2026; 21(7): p. 2969–2987.
29. Otieno W, Nyikal R, Mbogoh G, Rao E. Adoption of farm biosecurity practices among smallholder poultry farmers in Kenya – An application of latent class analysis with a multinomial logistic regression. Preventive Veterinary Medicine. 2023; 217: p. 105967.
30. Nzuzi M, Mbuyu D, Lwimba A. Determinants of SMEs’ access to microfinance credit in Lubumbashi: an analysis based on multinomial logistic regression. American Journal of Industrial and Business Management. 2026; 16(2): p. 209–224.
31. Greene W. Econometric Analysis. Harlow:Pearson; 2020
32. Oliveira B, Silva B, Azevedo C, Oliveira J, Dias R, Alburquerque S, . . . Poncio A. Biossegurança em granjas avícolas: Revisão de literatura. Revista Contemporânea. 2025; 5(2): p. 1–23.
33. Dhakal A, Devkota S, Jethara S, Yadav R, Phuyal P. Assessment of biosecurity in poultry farms in Chitwan, Nepal. Veterinary Medicine and Science. 2025; 11: p.70232.
34. Tujimoto A, Steffen R, Knöbl, T. Operational biosecurity in poultry hatcheries. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science. 2026; 63: p. 240228.
35. Fifo O, Eloini O. Integrated risk and biosecurity optimization in poultry production: a lean and credit-risk approach to strengthen U.S. agricultural resilience. International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT). 2026; 11(2): p. 2753-2760.

36. Magdale S, Guro A, Galarrita R. A review of biosecurity and management practices on broiler performance. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2026; 30(2): p. 2338–2344.
37. Ayertey D, Asem F, Okyere C, Enohoro D. Effects of biosecurity strategies on technical efficiency of egg production in Bono Region of Ghana. *Poultry Science*. 2026; 105(3): p. 106442.
38. Otieno W, Nyikal R, Mbogoh S, Rao E. The effect of improved biosecurity practices on the cost efficiency of smallholder poultry farmers in Nyanza, Kenya. *Research, Society and Development*. 2025; 14(7): p. 10014749268.
39. Bristot L, Lima D. Assesment of biosecurity measures on poultry farms producing broiler chickens in three municipalities in the Serra Gaúcha region. *Research, Society and Development*. 2025; 14(7): p. 10014749268.
40. Waktole H, Muluneh T, Miressa Y, Ayane S, Berhane G, Kabeta T, . . . Antonissen G. Quantitative assessment of major biosecurity challenges of poultry production in central Ethiopia. *Animals*. 2023; 13(23): p. 3719.
41. Pao H, Jackson E, Yang T, Tsai J, Sung W, Pfeiffer D. Determinants of farmers' biosecurity mindset: A social-ecological model using systems thinking. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; (9): p. 959934.
42. Pramuwidyatama M, Indrawan D, Boeters M, Poetri O, Saatkamp H, Hogeveen H. Economic impact of highly pathogenic avian influenza outbreaks in Western Java smallholder broiler farms. *Preventive Veterinary Medicine*. 2023; 212: p. 105833