

ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO SANITARIO POR CONCENTRACIÓN DE GRANJAS AVICOLAS SIN BIOSEGURIDAD EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA: UNA PROPUESTA DE GESTIÓN PREVENTIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL

SPATIAL ANALYSIS OF THE HEALTH RISK DUE TO THE CONCENTRATION OF POULTRY FARMS WITHOUT BIOSECURITY IN THE PROVINCE OF TUNGURAHUA: A PREVENTIVE MANAGEMENT PROPOSAL FOR BUSINESS SUSTAINABILITY

Sayak Damián Ramos Cachiguango¹, Julio Mauricio Vizúete-Muñoz², María Dolores Guamán Guevara³

{sramos2562@uta.edu.ec¹, jm.vizúete@uta.edu.ec², md.guaman@uta.edu.ec³}

Fecha de recepción: 19/11/2025 / Fecha de aceptación: 11/12/2025 / Fecha de publicación: 06/01/2025

RESUMEN: Entre La ausencia de prácticas adecuadas de bioseguridad en las granjas avícolas de la provincia de Tungurahua, Ecuador, pone en riesgo la sostenibilidad empresarial, la competitividad productiva y la salud pública de este sector. Ante esta problemática, el presente estudio tiene como objetivo analizar el riesgo sanitario asociado a la concentración de granjas avícolas sin bioseguridad. Para ello, se aplicó un enfoque espacial cuantitativo en tres fases: en la primera fase, se efectuó un análisis de conglomerados jerárquicos para agrupar parroquias con similitudes productivas y sanitarias, en la segunda fase, se calculó el Índice de Riesgo Sanitario Parroquial (IRSP) para medir la exposición a sistemas deficientes de desinfección, control de plagas, control de animales y bioseguridad y finalmente, se realizó una evaluación de la autocorrelación espacial mediante el índice de Moran Global y Local (LISA) con 999 permutaciones y una matriz de pesos espaciales de cinco vecinos más cercanos. Los resultados mostraron una autocorrelación espacial positiva significativa ($p < = 0.05$) identificando clústeres de alto riesgo. Estos hallazgos evidencian la desigualdad territorial en la gestión del riesgo y subrayan la necesidad de estrategias preventivas que fortalezcan la sostenibilidad productiva, la seguridad alimentaria y la competitividad empresarial del sector

¹Carrera Administración de Empresas, Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato-Ecuador (UTA). <https://orcid.org/0009-0006-0330-9005>

²Docente Investigador Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0003-3910-9292>

³Docente Investigador Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0003-4771-6412>

avícola ecuatoriano. En conclusión, el estudio demuestra la utilidad del análisis espacial para priorizar intervenciones en las zonas críticas identificadas, lo que permitiría optimizar recursos y diseñar acciones correctivas específicas para mitigar el riesgo sanitario y proteger la avicultura local.

Palabras clave: Análisis espacial, avicultura, bioseguridad, riesgo sanitario, sostenibilidad empresarial

ABSTRACT: The lack of proper biosecurity practices in poultry farms in the province of Tungurahua, Ecuador, jeopardizes business sustainability, productive competitiveness, and public health in this sector. Faced with this problem, the present study aims to analyze the health risk associated with the concentration of poultry farms without biosecurity. To this end, a quantitative spatial approach was applied in three phases: the first phase, a hierarchical cluster analysis was conducted to group parishes with similar production and health characteristics, the second phase, the Parish Health Risk Index (PHRI) was calculated to measure exposure to inadequate disinfection systems, pest control, animal control, and biosecurity, and finally a spatial autocorrelation assessment was conducted using the Global and Local Moran's I (LISA) index with 999 permutations and a spatial weights matrix of the five nearest neighbors. The results showed a significant positive spatial autocorrelation ($p \leq 0.05$), identifying high-risk clusters. These findings highlight territorial inequality in risk management and underscore the need for preventive strategies that strengthen productive sustainability, food security, and the business competitiveness of the Ecuadorian poultry sector. In conclusion, the study demonstrates the usefulness of spatial analysis for prioritizing interventions in identified critical areas, which would optimize resources and enable the design of specific corrective actions to mitigate health risks and protect local poultry farming.

Keywords: Biosecurity, business sustainability, health risk, poultry farming, spatial analysis

INTRODUCCIÓN

La alimentación es la base fundamental para que el ser humano pueda adquirir energía y nutrientes necesarios para el mantenimiento de la vida y la salud. El consumo balanceado de alimentos ricos en vitaminas, minerales, proteínas y entre otros, ayuda a que el ser humano sea propenso a enfermedades crónicas como por ejemplo la diabetes, la obesidad, la anemia, el cáncer y otros (1). En este escenario, el consumo adecuado de proteínas es de suma importancia ya que brinda al cuerpo macronutrientes que son esenciales en la formación de tejidos, la regulación de funciones fisiológicas y el fortalecimiento del sistema inmunológico (2). Al elegir una fuente de proteína más adecuada para el fortalecimiento y desarrollo del cuerpo humano, los expertos mencionan que las proteínas de origen animal brindan mayores beneficios a diferencia de las proteínas de origen vegetal ya que cuentan con una cierta cantidad de aminoácidos (3).

En las últimas décadas el sector de la avicultura se ha consolidado como uno de los principales sectores que oferta la proteína de origen animal, su principal producto es la carne de pollo el cual es comercializada a nivel mundial, actualmente este producto representa el 40% del consumo mundial de carne, posicionándose, así como la proteína preferida por los consumidores gracias a su valor nutricional, asequibilidad y versatilidad culinaria (4). Asimismo, la producción mundial de huevos alcanzó los 91 millones de toneladas en el año 2023, lo que equivale a más de 1,7 billones de unidades (huevos) producidas (5).

En América Latina, el sector avícola es considerado como uno de los sectores con mayor desarrollo económico y social aportando significativamente a la industria alimentaria y además a generando millones de empleos directo e indirectos (6). En el Ecuador, el consumo per cápita de carne de pollo asciende a 34 kg por persona al año, mientras que la producción nacional de huevos supera los 3.800 millones de unidades anuales, cifra que evidencia el rol estratégico del sector en la seguridad alimentaria y en la competitividad agroindustrial (7).

Por otra parte, el crecimiento constante de este sector y su gran aporte a la industria alimentaria está ligada intrínsecamente con el riesgo sanitario, como ejemplo citaremos la amenaza de enfermedades como la influenza aviar, la salmonella, la psitacosis entre otros. Se han registrado alrededor de 365 brotes de virus en 24 países europeos ocasionando el sacrificio o la muerte de más de 7,9 millones de aves domésticas y silvestres a esto le sumamos la muerte de 4 seres humano por el contagio de estas enfermedades todo esto en los meses de marzo a junio del 2025 (8) . En el continente americano durante los años de 2022 hasta principios del 2025 se han registrado más de 4.700 brotes de virus en aves y alrededor de 74 infecciones humanas asociadas al virus H5N1 (9) . Pero desde el año 2003 hasta el año 2025 la Organización Mundial de la Salud ya ha registrado más de 986 casos del virus H5N1 en los seres humanos, de este total el 48% ya han fallecido (10).

De acuerdo con Agrocalidad (11), existen alrededor de 1900 granjas avícolas que se dedican a la crianza y comercialización de aves (gallinas, pavos, patos, entre otros). Sin embargo, no todas las granjas avícolas cumplen con los requisitos sanitarios básicos, alrededor de 1000 granjas avícolas cuentan con certificación zoonosanitaria y de este total apenas 120 cumplen con las distancias mínimas de aislamiento que fueron reguladas bajo la resolución 0286 emitida por la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario, es una situación preocupante ya que el 50% de las granjas avícolas incumplen estándares básicos de bioseguridad y cerca del 90% no cumple con los aislamientos recomendados. Este escenario representa un alto riesgo zoonosanitario donde la falta de prevención, control y buenas prácticas dejan expuesto al sector a brotes de enfermedades de gran impacto.

A nivel nacional, durante los años de 2022 y 2023 se han registrado 27 brotes de influenza aviar afectando así a más de 1,25 millones de aves y obligando al sacrificio de cientos de miles de ellos (12) . Estas medidas tomadas por los propietarios de las granjas representan una gran pérdida tanto económica como emocional ya que el tiempo invertido en la crianza de estos animales se fueron a la basura.

La región central del Ecuador particularmente las provincias de Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua son puntos neurálgicos para el desarrollo económico al concentrar el 85% de la producción avícola (13). Por lo que la provincia de Tungurahua se consolida como una de las cuencas avícolas más significativas en la sierra ecuatoriana. Para el año 2025, se proyecta que la población avícola en la provincia alcance aproximadamente los 5.8 millones de aves lo que representa cerca del 15% del inventario nacional avícola estimado en 38 millones (14).

En la provincia, la amenaza de la influenza aviar altamente patógena (IAAP) representa un riesgo sanitario significativo para el sector avícola, debido a su alta densidad de explotación avícola y a la reciente experiencia de brotes. En enero de 2023, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) reportó la aparición de dos nuevos brotes en las granjas de la provincia, lo que elevó a siete el total de brotes confirmados en ese momento a nivel nacional. Esta situación demuestra la vulnerabilidad específica de la provincia frente a la propagación del virus cuando las medidas de prevención no son adecuadas (15).

Una suposición, si la provincia se ve afectada significativamente por este virus, las granjas avícolas se verían muy perjudicadas, por ejemplo, una granja que contiene aproximadamente 50.000 gallinas ponedoras generaría pérdidas directas que ascenderían los \$385.000.

El objetivo de esta investigación fue analizar los patrones territoriales de riesgo sanitario en el sector de la avicultura de la provincia. Para ello, se planteó una metodología que está dividida en tres etapas: En la primera etapa, se clasificó a las parroquias según sus similitudes productivas y sanitarias mediante el análisis de clúster. En la segunda etapa, se calculó el Índice de Riesgo Sanitario Parroquial (IRSP) con la finalidad de identificar niveles de riesgo territorial. Y por último, se evaluó la autocorrelación espacial del riesgo mediante el Índice de Moran Global y Local (LISA).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y espacial con un diseño no experimental y transversal. Por ello, este estudio se centró en analizar los patrones territoriales de concentración del sector avícola de la provincia de Tungurahua, Ecuador. Se empleó un enfoque cuantitativo basado en tres etapas. En la primera etapa, se aplica un análisis de agrupamiento no espacial (clúster jerárquico) mediante el cálculo del método de distancia euclidiana cuadrada entre las parroquias que se encuentran en la provincia de Tungurahua, este método nos permitirá determinar la similitud de dos o más variables en un espacio n-dimensional (16). Para ello, se utilizaron variables que reflejan tanto la capacidad productiva como las condiciones de bioseguridad de cada una de las granjas avícolas. Para determinar aquella similitud entre las parroquias se ha considerado utilizar las siguientes variables: 1) Número de Galpones; 2) Capacidad de Aves Instalada; 3) Capacidad de Aves Ocupada; 4) Sistema de Desinfección para Personas que Ingresan a las Granjas; 5) Control de Insectos; 6) Control de Roedores; 7) Control de Ingreso de Perros y/o Gatos a los Galpones y Áreas de Crianza; y 8) Control de Bioseguridad. Para realizar dicho análisis se aplicó la siguiente fórmula:

$$d(x_i, y_k) = \sum_{j=1}^n (x_{ij} - y_{kj})^2$$

Posteriormente se elaboró un dendrograma el cual se representa como un diagrama semejante a un árbol invertido quien nos facilita la interpretación de las relaciones que existen entre las variables, cuando la unión de dos ramas sea en el nivel más bajo esto significará una mayor semejanza entre las variables o elementos conectados, pero si la unión ocurre en el nivel más alto significará que las variables son muy distantes o menos similares (17).

En la segunda etapa, se calculó el Índice de Riesgo Sanitario Parroquial (IRSP) con el objetivo de dimensionar el peso relativo de las granjas avícolas en riesgo (Sin condiciones adecuadas de bioseguridad) dentro de cada parroquia, en comparación con el promedio provincial. Este índice se elaboró a partir de la adaptación de la fórmula del cociente de localización (LQ), de manera que para cada parroquia de la provincia de Tungurahua se calculó la proporción de granjas avícolas en riesgo respecto a su número total de granjas, tanto a nivel parroquial como provincial.

Para profundizar el análisis, se utilizó el software estadístico SPSS, a través del cual se realizaron contrastes de proporciones con el fin de comprobar si las variables observadas entre cada parroquia y el promedio provincial presentan diferencias estadísticamente significativas. Gracias a este procedimiento, el índice elaborado no solo facilita una comparación ordenada entre las parroquias, sino que además permite reconocer con mayor claridad cuáles de ellas concentran niveles más elevados de riesgo sanitario.

$$IRSP_p = \frac{\frac{GR_p}{GT_p}}{\frac{GR_T}{GT_T}}$$

Donde:

- **IRSP:** Índice de Riesgo Sanitario Parroquial.
- **GR_p:** Número de granjas con riesgo sanitario en la parroquia p.
- **GT_p:** Total de granjas en la parroquia p.
- **GR_T:** Número total de granjas con riesgo sanitario en la provincia.
- **GT_T:** Total de granjas en la provincia.

Finalmente, se efectuó un Análisis Exploratorio de Datos Espaciales con el objetivo de comprender la distribución territorial del riesgo sanitario asociado a la producción avícola en la provincia de Tungurahua. Para ello se utilizó información georreferenciada de las granjas, lo que permitió asignar un valor de riesgo a cada división administrativa. Con estos insumos fue posible

construir una matriz de pesos espaciales fundamentales en la contigüidad entre parroquias, empleando para ello el software GeoDa (18). Posteriormente, se estimó el índice de Moran Global, herramienta que permite evaluar el grado de autocorrelación espacial presente en una o varias variables dentro del área de estudio (19). El procedimiento continuó con el cálculo del estadístico de Moran Local (LISA), técnica orientada a identificar patrones de dependencia espacial con un nivel de detalle más fino (20). Gracias a este análisis, se lograron reconocer sectores específicos donde el riesgo sanitario tiende a concentrarse (alto-alto) y zonas con menor incidencia (bajo-bajo).

La información se obtuvo del Catastro Avícola del Instituto Nacional de Estadística y censos (INEC) a través del sistema ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua) correspondiente al último periodo disponible.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten evidenciar la manera en que el riesgo sanitario asociado a la producción avícola se distribuye de forma diferenciada en el territorio de la provincia de Tungurahua. En esta sección se detallan los resultados de forma secuencial, siguiendo las tres etapas metodológicas descritas previamente.

Agrupamiento no espacial

El análisis de conglomerados mediante la distancia euclidiana cuadrada permitió identificar y clasificar en tres grupos o clústeres las parroquias de la provincia de Tungurahua que presentan entre sí patrones de similitud en relación con el riesgo sanitario avícola y la capacidad productiva. A continuación, se muestra en la Figura 1, el dendrograma construido a partir de la estandarización de las variables de estudio y el uso del método de enlace entre grupos.

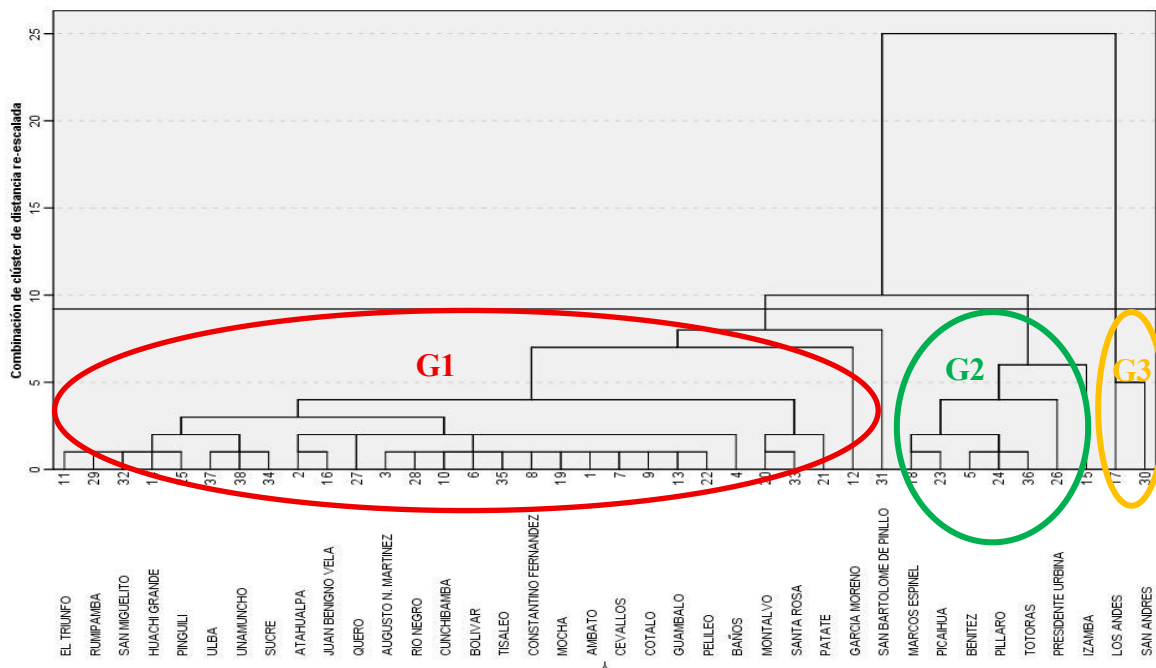


Figura 1. Dendrograma de Agrupamiento de Parroquias de la Provincia de Tungurahua.

Nota: El dendrograma resultante muestra la agrupación de las parroquias en función de su similitud. Creado por el autor utilizando IBM SPSS Statistics.

El Grupo 1 está conformado por las parroquias que cuentan con una alta homogeneidad en las buenas prácticas sanitarias, aquí se encuentran agrupadas las parroquias de Ambato, Atahualpa, Augusto N. Martínez, Baños, Bolívar, Cevallos, Constantino Fernández, Cotalo, Cunchibamba, El Triunfo, García Moreno, Guambalo, Huachi Grande, Juan Benigno Vela, Mocha, Montalvo, Patate, Pelileo, Pinguili, Quero, Rio Negro, Rumipamba, San Bartolomé de Pinllo, San Miguelito, Santa Rosa, Sucre, Tisaleo, Ulba y Unamuncho quienes presentan un nivel de riesgo bajo, es decir, este grupo cuenta con porcentajes reducidos de incumplimiento por ejemplo: en el control de desinfección presentó una media de 16.38% esto quiere decir que el 83.62% de las granjas avícolas que se encuentran ubicadas en estas parroquias cuentan con un control de desinfección riguroso para las personas que ingresan a los diferentes galpones, el control de insectos con el 16,41%, el control de roedores con el 18,62% y el control de bioseguridad con el 27.79% pero hay una excepción en el caso del control de perros y gatos ya que presentó una media de 77.45% esto quiere decir que apenas el 22.55% de las granjas avícolas cuentan con un control del ingreso de los perros y gatos a los galpones, esto puede presentarse como riesgo ya que estos animalitos pueden ser conductores de varias enfermedades y a su vez ser depredadores que puedan perjudicar a la producción y crecimiento de las granjas avícolas.

El Grupo 2 esta caracterizado por ser el grupo con mayor riesgo sanitario, aquí se concentran las siguientes parroquias Benítez, Izamba, Marcos Espinel, Picaihua, Píllaro, Presidente Urbina y Totoras, todas las variables (Control de desinfección 81.86%, Control de insectos 89.71%, Control de roedores 91.29%, Control de perros y gatos 70,71% y Control de bioseguridad 92,14%) superan el 70% de incumplimiento lo que significa que apenas un 30% o menos de las medidas están siendo implementadas correctamente en las granjas avícolas. Este patrón de incumplimiento uniforme y elevado denota un alto riesgo sanitario y productivo, ya que tanto la capacidad instalada como los mecanismos de control presentan fallas sistemáticas. En la Ilustración 2 se puede observar que las parroquias pertenecientes a este grupo conforman un bloque compacto y diferenciado del resto, evidenciando que comparten una problemática estructural común que demanda intervenciones integrales y urgentes.

El Grupo 3 conformada por las parroquias Los Andes y San Andrés presentan un escenario muy favorable en términos de bioseguridad y capacidad productiva ya que la mayoría de las variables evaluadas muestran una media del 0% esto queriendo decir que las granjas avícolas que se encuentran en estas parroquias cumplen al 100% con el control de desinfección, el control de insectos, el control de roedores y con el control de bioseguridad, se debe priorizar acciones para controlar el ingreso de perros y gatos a los galpones ya que es la variable constituye la principal debilidad del grupo.

Índice de Riesgo Sanitario Parroquial (IRSP)

El análisis del Índice de Riesgo Sanitario Parroquial (IRSP) identificó los niveles de vulnerabilidad sanitaria del sector avícola en la provincia de Tungurahua. La alta concentración de producción en esta región, que representa el 15,9% del total nacional (11), se ve expuesta por riesgos sanitarios y económicos asociados a la propagación de enfermedades infecciosas en zonas de alta densidad productiva.

Los resultados obtenidos se calcularon para las cinco variables que son desinfección, control de insectos, control de roedores, control de perros y/o gatos y bioseguridad. Estos valores obtenidos revelan contrastes significativos entre las parroquias, tanto en la magnitud del riesgo como en la distribución espacial de las deficiencias de bioseguridad.

De acuerdo con los valores del IRSP, se identificaron tres categorías principales de riesgo:

- Riesgo alto ($IRSP > 1$) donde la proporción de granjas sin medidas de bioseguridad superan el promedio provincial.
- Riesgo medio ($0.70 \leq IRSP \leq 1$) con un nivel de cumplimiento sanitario moderado.
- Riesgo bajo ($IRSP < 0.70$) caracterizado por la adopción de prácticas más consolidadas de bioseguridad y control sanitario.

La Tabla 1 presenta los resultados desagregados por parroquia revelando una clara heterogeneidad en la adopción de medidas preventivas.

Tabla 1. Índice de Riesgo Sanitario Parroquial.

Parroquia	IR		IR		IR		IR		IR	
	SP	Cat. del Ries.	SP	Cat. del Ries.	SP	Cat. del Ries.	SP	Cat. del Ries.	SP	Cat. del Ries.
	Des.		Ins.		Roe.		P&G		Bio.	
Ambatillo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
Ambato	0.65	Bajo	0.62	Bajo	0.59	Bajo	1.01	Alto	1.35	Alto
Atahualpa	1.72	Alto	1.64	Alto	1.58	Alto	0.90	Medio	2.00	Alto
Augusto N. Martínez	0.94	Medio	1.12	Alto	1.29	Alto	1.23	Alto	1.47	Alto
Baños	1.72	Alto	2.46	Alto	2.37	Alto	1.13	Alto	1.20	Alto
Baquerizo Moreno	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
Benítez	3.44	Alto	4.92	Alto	4.75	Alto	0.90	Medio	2.40	Alto
Bolívar	0.57	Bajo	1.09	Alto	1.05	Alto	1.35	Alto	1.20	Alto

ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO SANITARIO POR CONCENTRACIÓN DE GRANJAS AVICOLAS SIN BIOSEGURIDAD EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA: UNA PROPUESTA DE GESTIÓN PREVENTIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL

Cevallos	1.29	Alto	0.62	Bajo	0.59	Bajo	1.01	Alto	1.35	Alto
Chiquicha	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
Constantino Fernández	1.55	Alto	0.98	Medio	0.95	Medio	1.08	Alto	1.08	Alto
Cotalo	0.99	Medio	0.84	Medio	1.11	Alto	0.86	Medio	1.07	Alto
Cuchibamba	0.00	Bajo	1.23	Alto	1.19	Alto	1.01	Alto	0.90	Medio
El Rosario	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
El Triunfo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	1.35	Alto	0.00	Bajo
Emilio María Terán	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
García Moreno	0.00	Bajo	4.92	Alto	4.75	Alto	1.35	Alto	0.00	Bajo
Guambalo	0.76	Medio	1.08	Alto	0.81	Medio	0.99	Medio	1.05	Alto
Huachi Grande	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	1.35	Alto	0.00	Bajo
Izamba	5.17	Alto	4.92	Alto	4.75	Alto	0.00	Bajo	3.59	Alto
Juan Benigno Vela	1.48	Alto	1.41	Alto	1.36	Alto	0.58	Bajo	2.57	Alto
Lligua	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
Los Andes	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	1.35	Alto	0.00	Bajo
Marcos Espinel	5.17	Alto	4.92	Alto	4.75	Alto	1.35	Alto	3.59	Alto
Mocha	1.72	Alto	0.55	Bajo	1.05	Alto	1.05	Alto	0.80	Medio
Montalvo	0.00	Bajo	0.98	Medio	0.95	Medio	0.27	Bajo	1.44	Alto
Pasa	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
Patate	0.94	Medio	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.61	Bajo	0.33	Bajo
Pelileo	1.05	Alto	1.00	Alto	0.87	Medio	1.10	Alto	0.66	Bajo
Picaihua	5.17	Alto	4.92	Alto	4.75	Alto	1.35	Alto	3.59	Alto
Pilaguin	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
Píllaro	2.87	Alto	3.83	Alto	4.22	Alto	1.05	Alto	2.80	Alto
Pinguili	0.00	Bajo	0.00	Bajo	1.19	Alto	1.35	Alto	0.00	Bajo

ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO SANITARIO POR CONCENTRACIÓN DE GRANJAS AVICOLAS SIN BIOSEGURIDAD EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA: UNA PROPUESTA DE GESTIÓN PREVENTIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL

Presidente Uribina	5.17	Alto	2.46	Alto	2.37	Alto	0.68	Bajo	3.59	Alto
Quero	2.58	Alto	0.00	Bajo	1.19	Alto	1.01	Alto	2.70	Alto
Quinchicoto	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
Quisapincha	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
Rio Negro	1.29	Alto	1.23	Alto	1.19	Alto	1.35	Alto	0.90	Medio
Rio Verde	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
Rumipamba	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	1.35	Alto	0.00	Bajo
Salasaca	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
San Andrés	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	1.35	Alto	0.00	Bajo
San Bartolomé de Pinllo	2.58	Alto	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	3.59	Alto
San Fernando	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
San José de Poalo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo
San Miguelito	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	1.35	Alto	0.00	Bajo
Santa Rosa	1.03	Alto	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.27	Bajo	2.16	Alto
Sucre	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	1.35	Alto	0.00	Bajo
Tisaleo	1.72	Alto	1.64	Alto	1.58	Alto	1.35	Alto	1.20	Alto
Totoras	2.58	Alto	4.92	Alto	4.75	Alto	1.35	Alto	3.59	Alto
Ulba	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	1.35	Alto	0.00	Bajo
Unamuncho	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	1.35	Alto	0.00	Bajo
Yanayacu Mochapata	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo	0.00	Bajo

Nota: Los datos fueron analizados por el autor utilizando el software IBM SPSS Statistics.

Los resultados obtenidos reflejan lo siguiente, de acuerdo con la variable de desinfección el 35.85% de las parroquias cuentan con un nivel de riesgo alto al no contar con un sistema eficaz de desinfección el cual puede incrementar los riesgos de brotes sanitarios, por otra parte, aproximadamente el 33.96% de las parroquias no han implementado programas o recursos para mitigar o controlar las plagas de insectos ocasionando así un entorno lleno de enfermedades y un riesgo a la productividad. Parroquias como Izamba, Marcos Espinel, Picaihua, Benítez, Totoras,

García Moreno, entre otros representan el 37.74% de parroquias que tienen un nivel de riesgo alto en la variable de control de roedores evidenciando así una vulnerabilidad muy importante a la salud pública. A sí mismo, el 50.94% de las parroquias no tienen un riguroso control del ingreso de los perros y gatos a los galpones lo que compromete a la integridad de las medidas sanitarias y facilita la diseminación de agentes infecciosos. Finalmente, alrededor del 41.51% de las parroquias cuentan con un nivel de riesgo alto en el control de la bioseguridad lo que confirma una falta de protocolos sanitarios estandarizados que les sirva para controlar, supervisar y mitigar los brotes epidémicos en la producción avícola.

La Tabla 2 presenta el IRSP Global obtenido como promedio de las cinco variables. Este índice integrado permitió clasificar a las parroquias según su nivel de vulnerabilidad sanitaria.

Tabla 2. Índice de Riesgo Sanitario Global.

Parroquia	IRSP Global	Categoría del Riesgo
Ambatillo	1.0	Bajo
Ambato	1.8	Medio
Atahualpa	2.8	Alto
Augusto N. Martínez	2.8	Alto
Baños	3.0	Alto
Baquerizo Moreno	1.0	Bajo
Benítez	2.8	Alto
Bolívar	2.6	Alto
Cevallos	2.2	Medio
Chiquicha	1.0	Bajo
Constantino Fernández	2.6	Alto
Cotalo	2.4	Alto
Cuchibamba	2.4	Alto
El Rosario	1.0	Bajo
El Triunfo	1.4	Medio
Emilio María Terán	1.0	Bajo
García Moreno	2.2	Medio

ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO SANITARIO POR CONCENTRACIÓN DE GRANJAS AVICOLAS SIN BIOSEGURIDAD EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA: UNA PROPUESTA DE GESTIÓN PREVENTIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL

Guambalo	2.4	Alto
Huachi Grande	1.4	Medio
Izamba	2.6	Alto
Juan Benigno Vela	2.6	Alto
Lligua	1.0	Bajo
Los Andes	1.4	Medio
Marcos Espinel	3.0	Alto
Mocha	2.4	Alto
Montalvo	1.8	Medio
Pasa	1.0	Bajo
Patate	1.2	Bajo
Pelileo	2.4	Alto
Picaihua	3.0	Alto
Pilaguin	1.0	Bajo
Píllaro	3.0	Alto
Pinguili	1.8	Medio
Presidente Urbina	2.6	Alto
Quero	2.6	Alto
Quinchicoto	1.0	Bajo
Quisapincha	1.0	Bajo
Rio Negro	2.8	Alto
Rio Verde	1.0	Bajo
Rumipamba	1.4	Medio
Salasaca	1.0	Bajo
San Andrés	1.4	Medio
San Bartolomé de Pinllo	1.8	Medio

ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO SANITARIO POR CONCENTRACIÓN DE GRANJAS AVICOLAS SIN BIOSEGURIDAD EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA: UNA PROPUESTA DE GESTIÓN PREVENTIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL

San Fernando	1.0	Bajo
San José de Poalo	1.0	Bajo
San Miguelito	1.4	Medio
Santa Rosa	1.8	Medio
Sucre	1.4	Medio
Tisaleo	3.0	Alto
Totoras	3.0	Alto
Ulba	1.4	Medio
Unamuncho	1.4	Medio
Yanayacu Mochapata	1.0	Bajo

Nota: Adaptado de resultados desglosados por variable (Tabla 2). Elaborado por el autor.

Los resultados visualizados en la tabla 2 muestran que las parroquias de Baños, Marcos Espinel, Picaihua, Píllaro, Tisaleo, entre otros, concentran el 39.62% que registran un índice de riesgo alto. Esto se asocia con la alta concentración de galpones, bajo nivel de tecnificación y la escasa implementación de protocolos de bioseguridad, por otra parte, parroquias como Ambatillo, Pasa, Salasaca, El Rosario, entre otros, concentran el 30.19% de parroquias que registran índices bajos de riesgo sanitario lo que confirma la existencia de granjas tecnificadas con estándares de bioseguridad más robustas. Y, por último, alrededor del 30.19% de parroquias mantienen un nivel de riesgo medio, si bien han implementado prácticas de bioseguridad aún presentan deficiencias en aspectos como la desinfección de instalaciones, control de insectos, control de roedores, entre otros que garanticen una protección sanitaria integral.

Análisis espacial del riesgo sanitario

El análisis de la autocorrelación espacial para cada variable de riesgo sanitario permitió identificar la existencia de patrones de concentración espacial de los riesgos asociados a las prácticas de bioseguridad en las granjas avícolas de la provincia de Tungurahua.

El índice de Moran Global presentó valores positivos, esto implica que las parroquias con altos valores de riesgo tienden a estar rodeadas de parroquias con condiciones similares, lo que refuerza la presencia de zonas críticas que demandan una gestión preventiva más focalizada (21).

Tabla 3. Índice de Moran Global.

Variable	Índice de Moran Global (I)	Valor p	Interpretación
----------	----------------------------	---------	----------------

Desinfección	0.069	0.002	Alta autocorrelación espacial
Control de Insectos	0.122	0.001	Alta autocorrelación espacial
Control de Roedores	0.118	0.001	Alta autocorrelación espacial
Control de Perros y Gatos	0.154	0.001	Alta autocorrelación espacial
Control de Bioseguridad	0.207	0.001	Alta autocorrelación espacial

Nota. Cálculo realizado con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

Los resultados evidencian un patrón de agrupamiento espacial positivo en cada una de las variables analizadas. Esto indica que los niveles de riesgo sanitario presentes en las parroquias no siguen una distribución aleatoria, por lo contrario, se identifican áreas geográficas donde las deficiencias sanitarias tienden a concentrarse de manera consistente.

- La variable de desinfección, el valor de 0.069 indica que las prácticas de limpieza y desinfección aún no se aplican de manera constante en la mayoría de las granjas lo que refleja una ejecución irregular de estas medidas sanitarias. Esta falta de estandarización repercute en la eficiencia operativa, elevando los costos de mantenimiento y generando posibles pérdidas económicas derivadas de brotes sanitarios.
- Las variables de insectos y roedores, los valores de 0.112 y 0.118 respectivamente reflejan que estos riesgos están fuertemente interrelacionados territorialmente, lo que evidencia deficiencias estructurales en la gestión del entorno físico de las granjas avícolas. Dichos factores pueden facilitar la propagación de patógenos y comprometer la sostenibilidad empresarial del sector avícola (22).
- La variable de control de perros y gatos presenta un índice de 0.154 lo cual sugiere que la presencia de animales domésticos no controlados también sigue un patrón de concentración en determinadas parroquias. Este aspecto puede generar contaminación cruzada y daños en la cadena productiva, afectando la trazabilidad y la calidad del producto final.
- Y, por último, la variable de bioseguridad mantiene un índice de 0.207 lo que indica que las parroquias muestran similitudes elevadas entre sí en cuanto a la carencia de medidas de control interno. Esto puede incrementar el riesgo de difusión de enfermedades infecciosas avícolas, afectando tanto la productividad como la rentabilidad de los productores locales.

El análisis local de autocorrelación espacial (LISA) permitió identificar las parroquias de la provincia de Tungurahua donde el riesgo sanitario presenta patrones de concentración estadísticamente significativos, complementando los resultados del índice de Moran Global. A través de este análisis, se determinaron zonas de riesgo que evidencian la existencia de conglomerados espaciales (High-High y Low-Low) y áreas atípicas (Hig-Low y Low-High) las cuales aportan una visión detallada de la distribución del riesgo avícola (23).

En este análisis, el cálculo se realizó utilizando el software GeoDa utilizando una matriz basada en los cinco vecinos más cercanos ($K = 5$) y un total de 999 permutaciones aleatorias, con el fin de asegurar una mayor solidez estadística. En todos los casos, los valores de $p \leq 0.05$ confirmaron una significancia espacial elevada, lo que implica que los patrones de agrupamiento identificados no responden al azar, sino que a una estructura espacial real.

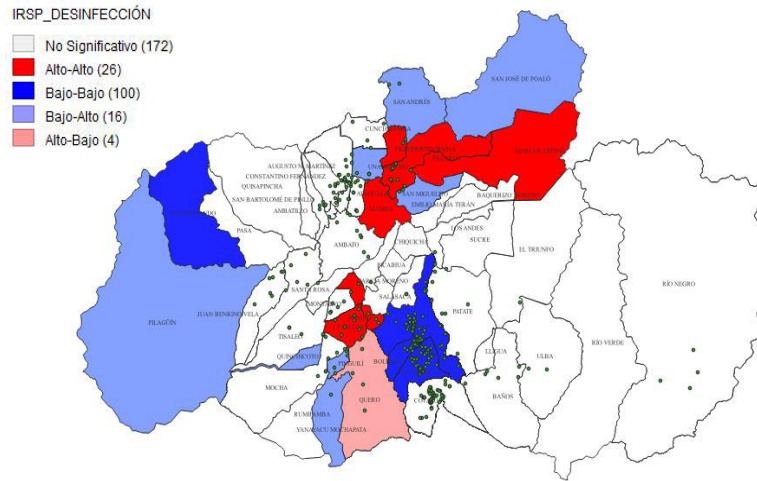


Figura 2. Resumen de Resultados LISA para la variable de Desinfección

Nota: Análisis de autocorrelación espacial local para la variable de desinfección. Cálculos realizados con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

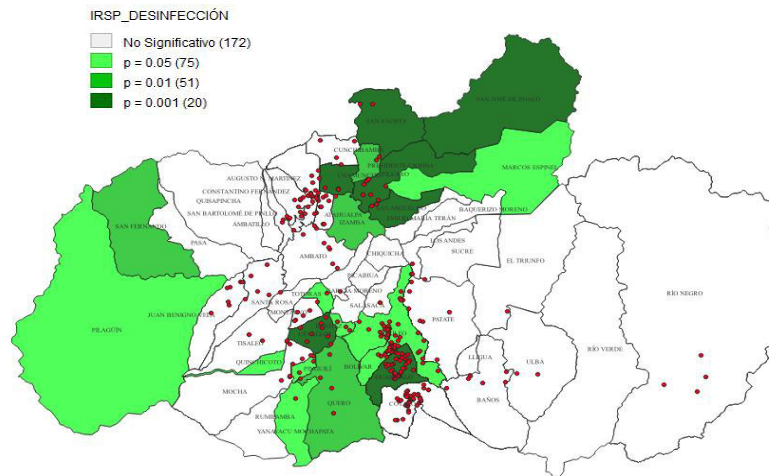


Figura 3. Mapa de Significancia del Índice de Moran Local para la variable de Desinfección.

Nota. Mapa de clústeres estadísticamente significativos del análisis LISA para la variable de desinfección. Cálculos realizados con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

Se han identificado tres niveles de prioridad (1: Intervención inmediata; 2: Acción preventiva y monitoreo; 3: Vigilancia y estudio a mediano y largo plazo) en el riesgo Alto-Alto. Las parroquias de Píllaro y Cevallos al contar con una significancia de $p = 0.001$ son consideradas como prioridad 1 al ser los epicentros en la mala gestión y control de desinfección en las granjas avícolas, su intervención debe ser inmediata ya que sin un protocolo de desinfección puede generar un ambiente propicio para la proliferación y diseminación de agentes patógenos, de igual manera puede ocasionar la propagación de estas enfermedades a las demás zonas aledañas.

Las parroquias de Izamba y Presidente Urbina son consideradas como prioridad 2 al contar con una significancia de $p = 0.01$, es decir, estas zonas actúan como transmisores entre los epicentros principales y las áreas de menor riesgo, es decir, dado a su posición intermedia en el paisaje epidemiológico los convierte en potenciales amplificadores de la dispersión de enfermedades a las demás zonas sin riesgo, y es por ello que se requiere tomar acciones preventivas para contener y evitar su propagación a las demás zonas.

Las parroquias de Marcos Espinel, Benítez y Totoras son consideradas como prioridad 3 debido a su significancia de $p = 0.05$, en estas zonas cuentan con una tendencia incipiente del riesgo por lo que se recomienda realizar intervenciones tempranas mediante estrategias preventivas antes de que se consoliden como focos de riesgo establecidos.

Por otro lado, se identificaron dos clústeres de baja incidencia (bajo-bajo) ubicadas en las parroquias de Guambaló, Bolívar, Pelileo y San Fernando. Estos territorios se distinguen por mantener prácticas constantes de limpieza y desinfección, lo que contribuye a preservar condiciones sanitarias estables y a sostener de manera continua la eficiencia de sus procesos productivos.

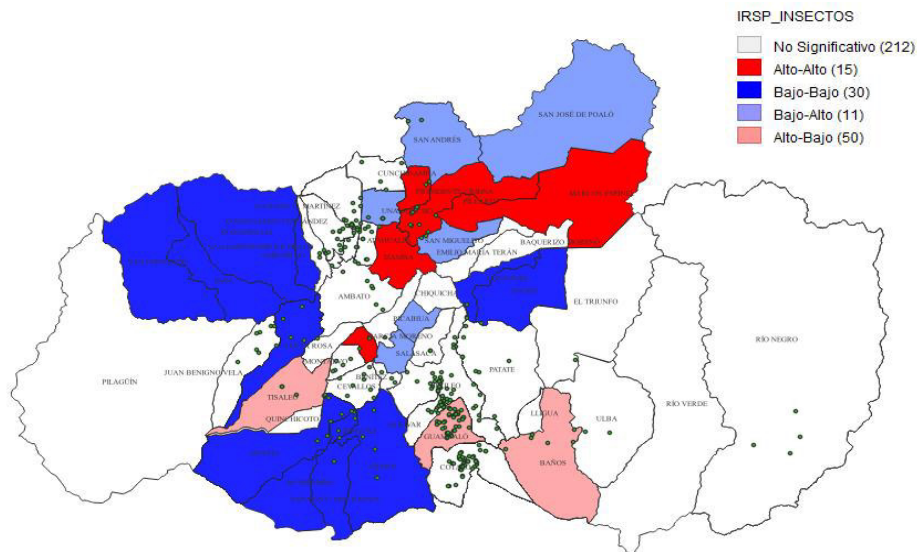


Figura 4. Resumen de Resultados LISA para la variable de Insectos.

Nota: Análisis de autocorrelación espacial local para la variable de insectos. Cálculos realizados con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

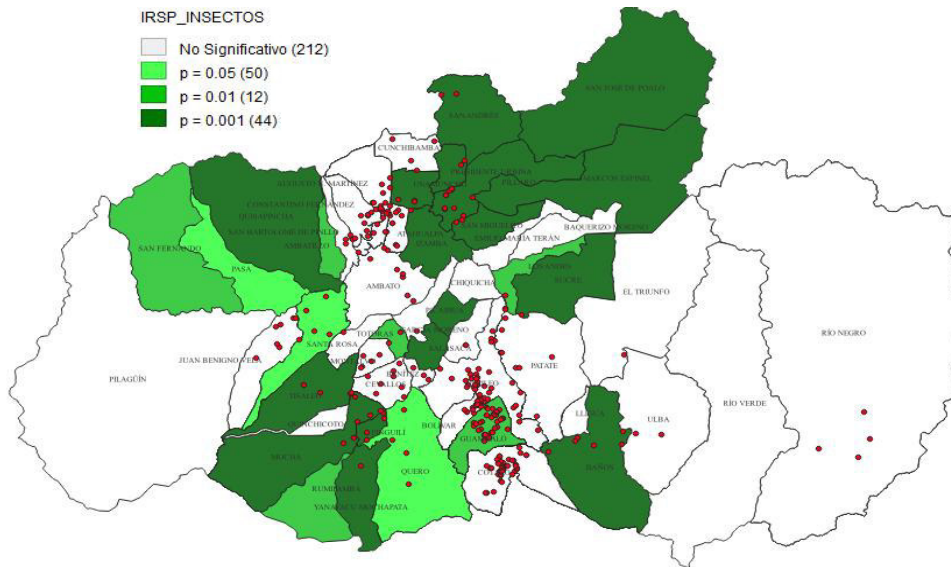


Figura 5. Mapa de Significancia del Índice de Moran Local para la variable de Insectos

Nota: Mapa de clústeres estadísticamente significativos del análisis LISA para la variable de insectos. Cálculos realizados con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

Los resultados mostraron la presencia de conglomerados del tipo Alto-Alto, en los que se agrupan parroquias con niveles elevados de riesgo sanitario junto a otras que presentan condiciones parecidas, Este comportamiento confirma la existencia de áreas específicas donde la vulnerabilidad sanitaria es particularmente marcada a nivel territorial.

Entre los hallazgos más relevantes, se identificaron parroquias con un nivel de significancia estadística de $p = 0.001$ (Marcos Espinel, Píllaro, presidente Urbina e Izamba), representándose como zonas críticas cuya concentración de riesgo no responde al azar, sino que a un patrón territorial consistente y altamente robusto. Estos territorios constituyen verdaderos puntos calientes o epicentros que requieren atención prioritaria por parte de las autoridades sanitarias y los dueños de las granjas avícolas. Este patrón sugiere que las condiciones ambientales, el manejo inadecuado de residuos orgánicos y la limitada aplicación de productos de control contribuyen a crear entornos favorables para la proliferación de insectos vectores de enfermedades aviares. De igual manera, existen parroquias con una significancia de $p = 0.01$

(Totoras) lo que refuerza la evidencia de concentración del problema y subraya la necesidad de implementar medidas preventivas coordinadas en el ámbito interparroquial al ser consideradas estas zonas como conectores o transmisores de las enfermedades desde el epicentro a las zonas con bajos niveles de riesgo sanitario. Por otra parte, se identificaron 3 zonas (Noroeste, Sur y Centro de la provincia) que cuentan con clústeres de riesgo Bajo-Bajo confirmando así que se trata de zonas donde la implementación de programas regulares de control, mantenimiento sanitario y mayor tecnificación de los galpones ha permitido reducir los niveles de riesgo sanitario.

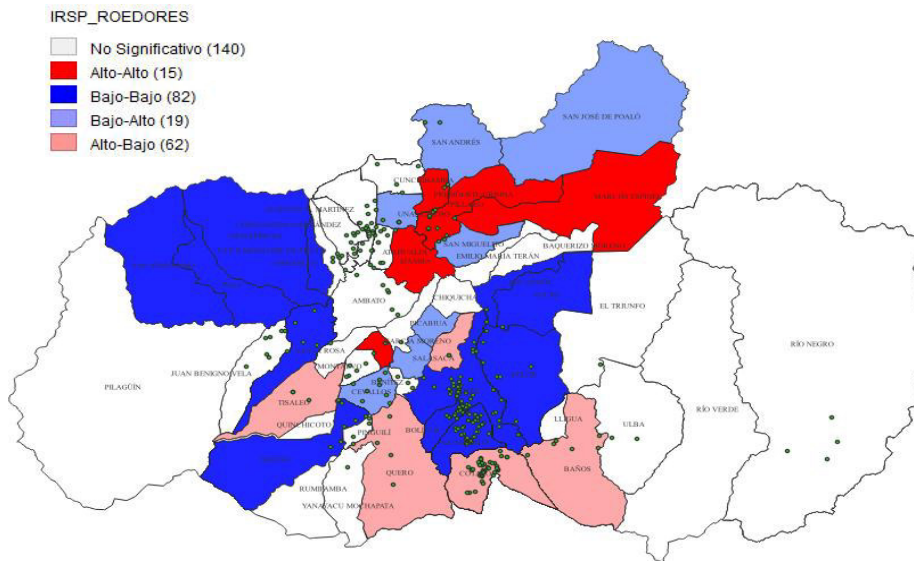


Figura 6. Resumen de Resultados LISA para la variable de Roedores

Nota: Análisis de autocorrelación espacial local para la variable de roedores. Cálculos realizados con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

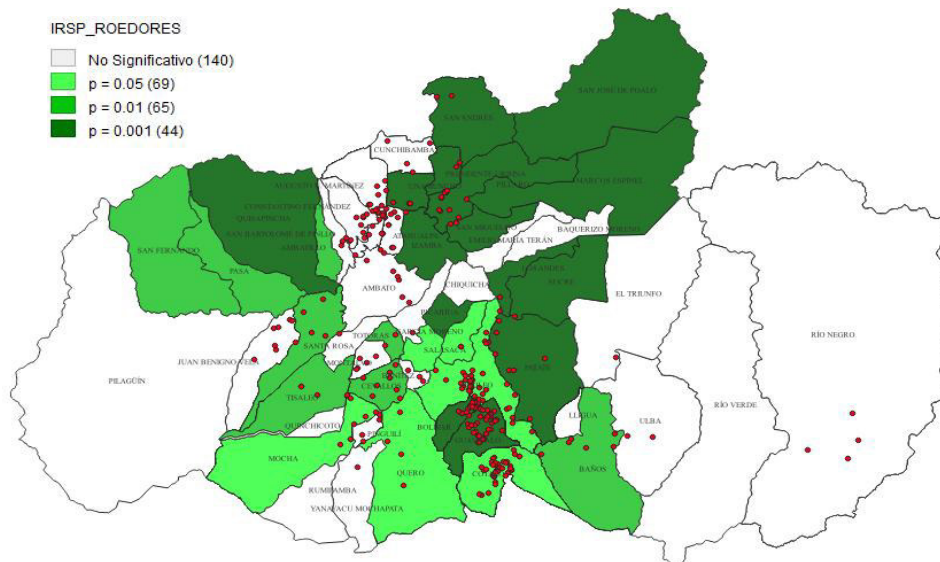


Figura 7. Mapa de Significancia del Índice de Moran Local para la variable de Roedores.

Nota: Mapa de clústeres estadísticamente significativos del análisis LISA para la variable de roedores. Cálculos realizados con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las parroquias identificadas con una significancia estadística de $p = 0.001$ (Marcos Espinel, Pillaro, presidente Urbina e Izamba) representan los focos de mayor vulnerabilidad sanitaria con respecto a esta variable, las cuales reflejan debilidades estructurales en la gestión sanitaria en las granjas. Este tipo de focos de riesgo pueden tener efectos directos en la propagación de patógenos zoonóticos, especialmente Salmonella y Escherichia coli, entre otros, afectando tanto la productividad avícola como la salud pública.

Por otra parte, existen clústeres que están clasificados como riesgo Bajo-Alto con una significancia de $p = 0.001$ siendo estas las parroquias de Unamuncho, San Andrés y Picaihua, las granjas que lo conforman han implementado medidas efectivas para controlar a los roedores a pesar de encontrarse cerca de zonas de alta concentración del riesgo sanitario.

También, existen zonas con una significancia de $p = 0.05$ clasificada como clústeres de riesgo Alto-Bajo (Cotalo, Quero y Salasaca) los hallazgos mencionan que estas zonas son consideradas como una alerta temprana para tomar acciones correctivas antes de que el riesgo llegue a mayores y se consolide como un riesgo Alto-Alto, por ello es importante incrementar la frecuencia de revisión de los galpones, mejorar su infraestructura y reforzar los protocolos de control en estas granjas específicas.

Finalmente, se identificaron 82 granjas avícolas distribuidas en 12 parroquias de la provincia de Tungurahua que fueron clasificadas dentro de la categoría Bajo-Bajo, lo que refleja la presencia de territorios con prácticas preventivas más consolidadas, una infraestructura más adecuada y un control sanitario más consistente.

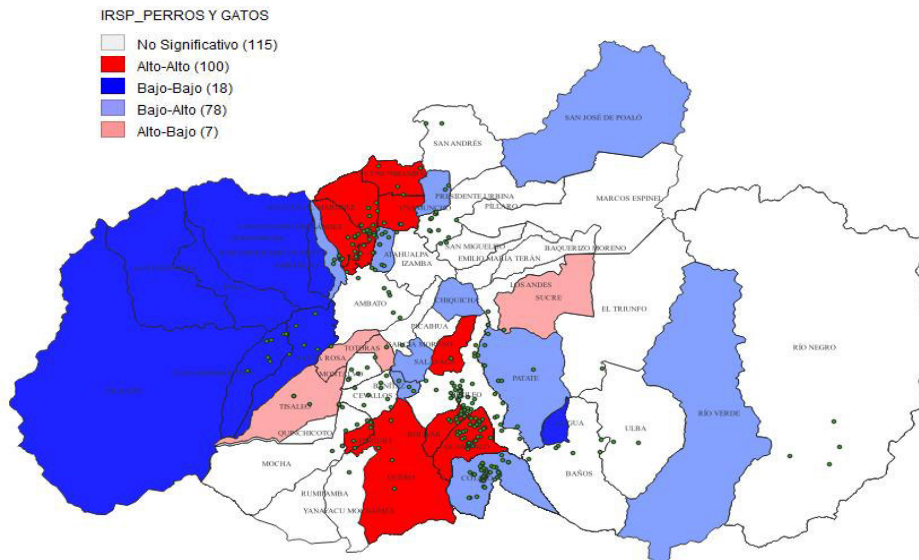


Figura 8. Resumen de Resultados LISA para la variable de Perros y Gatos.

Nota: Análisis de autocorrelación espacial local para la variable de perros y gatos. Cálculos realizados con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

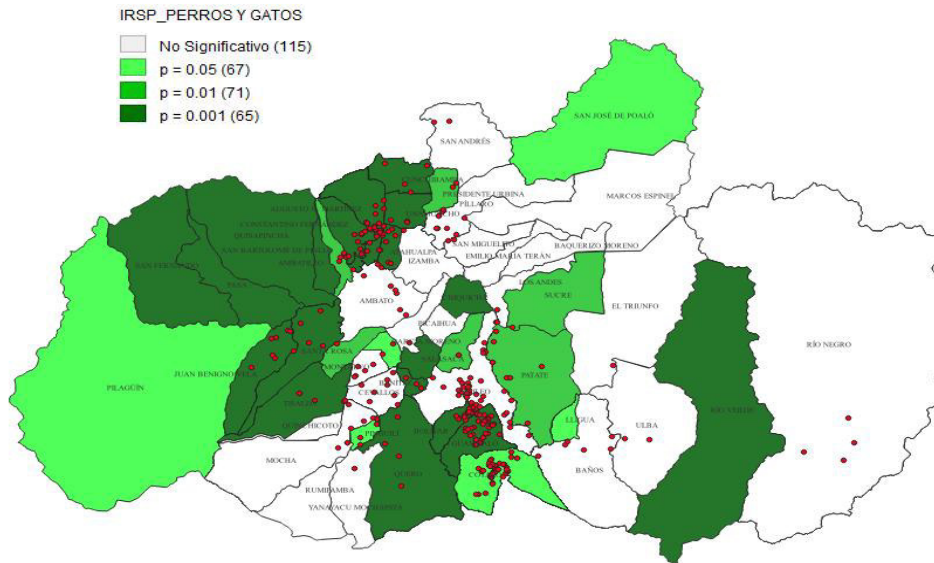


Figura 9. Mapa de Significancia del Índice de Moran Local para la variable de Perros y Gatos.

Nota: Mapa de clústeres estadísticamente significativos del análisis LISA para la variable de perros y gatos. Cálculos realizados con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

Los resultados reflejan que existen clústeres con una significancia de $p = 0.001$ clasificadas como riesgo Alto-Alto (Quero, Guambalo, Bolívar, Cunchibamba, Unamuncho y Augusto N. Martínez), indicando así una gran agrupación territorial altamente significativa de granjas avícolas que presentan deficiencias críticas en el control de animales domésticos (perros y gatos) los cuales actúan como vectores de agentes patógenos diseminadores de parásito o contaminantes biológicos afectando la bioseguridad y la eficiencia de los sistemas productivos avícolas.

De igual manera, la parroquia de Tisaleo mantiene un riesgo Alto-Bajo ya que cuenta con una significancia de $p = 0.001$, es decir, que este resultado señala la presencia de granjas avícolas con graves deficiencias en el control de las mascotas (perros y gatos) que se encuentran geográficamente inmersas en una zona de granjas con buenas prácticas sanitarias, es decir, que estas granjas representan a los eslabones más débiles en el control de esta variable y que compromete significativamente los esfuerzos sanitarios de las granjas vecinas mejor gestionadas.

Por otro lado, las parroquias de Cotalo y San Bartolomé de Pinllo se clasifican como un riesgo Bajo-Alto con una significancia del $p = 0.05$, este resultado indica la presencia de granjas con adecuado control de perros y gatos quienes se encuentran situadas en zonas con predominio de granjas con deficiencias en el manejo y control de esta variable.

Finalmente, se identificaron 18 granjas avícolas distribuidas en 8 parroquias de la provincia que fueron clasificadas dentro de la categoría de riesgo Bajo-Bajo. Estas unidades productivas se ubican en territorios donde predominan protocolos de ingreso más rigurosos, sistemas de cerramiento adecuados y condiciones de manejo mejor desarrolladas, factores que contribuyen a mantener una mayor estabilidad sanitaria y a disminuir la probabilidad de pérdidas en la producción.

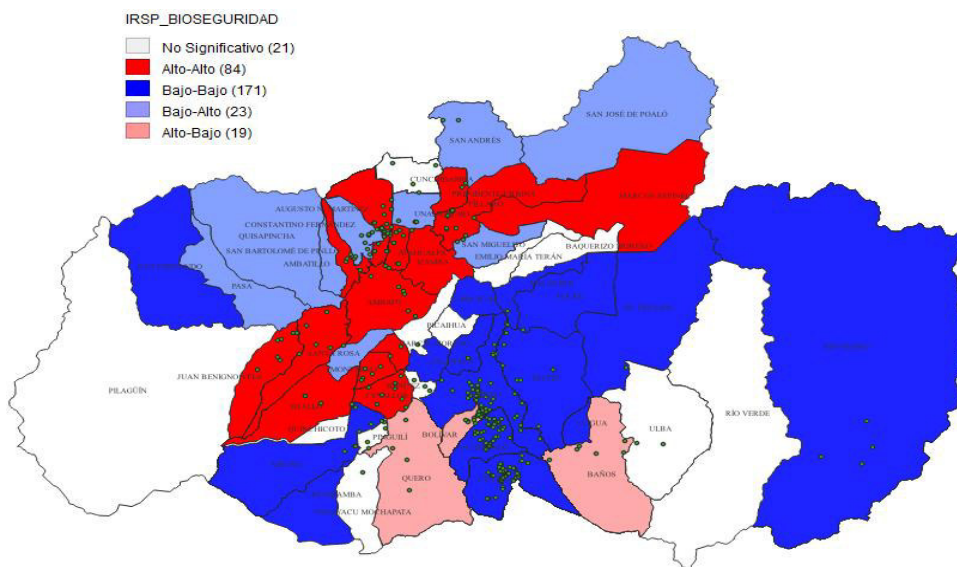


Figura 10. Resumen de Resultados LISA para la variable de Bioseguridad.

Nota: Análisis de autocorrelación espacial local para los indicadores de bioseguridad. Cálculos realizados con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

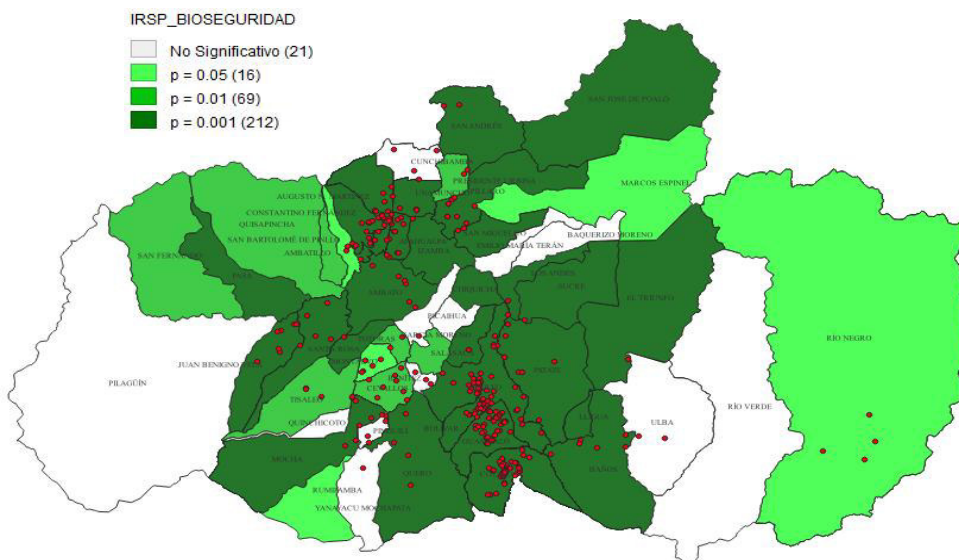


Figura 11. Mapa de Significancia del Índice de Moran Local para la variable de Bioseguridad.

Nota: Mapa de clústeres estadísticamente significativos del análisis LISA para la variable de bioseguridad. Cálculos realizados con el software GeoDa (18). Elaborado por el autor.

Se han identificado clústeres (Píllaro, presidente Urbina, Izamba, Atahualpa, Augusto N. Martínez, Ambato, Santa Rosa y Juan Benigno Vela) con un riesgo Alto-Alto y con una significancia de $p = 0.001$, estos resultados evidencian la existencia de una agrupación territorial altamente significativa de granjas avícolas con deficiencias críticas y generalizadas en bioseguridad, inmersas en un entorno similar en características. La identificación de estos clústeres demanda la implementación inmediata de un plan de emergencia sanitaria específico para estos territorios, con asignación prioritaria de recursos técnicos y financieros, dado que representan la principal amenaza para la sostenibilidad de la avicultura provincial y nacional.

Por otra parte, se ha identificado clústeres (Quero, Baños y Bolívar) con un riesgo Alto-Bajo y con una significancia de $p = 0.001$, estos resultados señalan la presencia de granjas individuales con deficiencias críticas en bioseguridad que se encuentran geográficamente aisladas dentro de territorios con adecuados estándares de bioseguridad.

A sí mismo, las parroquias de Constantino Fernández y Unamuncho son zonas que se clasifican como un riesgo Bajo-Alto y con una significancia de $p = 0.001$, este resultado indica la presencia de granjas con excelentes estándares de bioseguridad que se encuentran inmersas en territorios con predominio de granjas de alto riesgo sanitario.

Finalmente, se ha identificado 171 granjas avícolas ubicadas en 15 parroquias de la provincia que fueron clasificadas como un riesgo Bajo-Bajo, lo que indica territorios con adecuada gestión sanitaria, infraestructura fortalecida y cumplimiento de normas de bioseguridad lo que favorece la eficiencia productiva y la estabilidad económica del sector.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el riesgo sanitario en la avicultura de la provincia de Tungurahua presenta patrones territoriales bien definidos, caracterizados por la concentración de prácticas deficientes de bioseguridad, especialmente en variables como el control de insectos, presencia de roedores y procesos de desinfección. Estos hallazgos coinciden con estudios internacionales que demuestran que la bioseguridad no actúa como un factor aislado, sino como un fenómeno multicausal influenciado por el territorio, el nivel de tecnificación y las interacciones entre unidades productivas (24).

El análisis de clúster aplicado en esta investigación permitió reconocer que las zonas de mayor riesgo sanitario en Tungurahua no aparecen de forma aislada, sino que responden a una dinámica territorial que también ha sido observada en distintos contextos internacionales. De acuerdo con Kachigunda et al. (25), cuando las fallas en bioseguridad se repiten en un territorio, estas tienden a agruparse y dar forma a áreas críticas que comparten condiciones similares, un comportamiento muy parecido al que se evidencio en las parroquias con prácticas deficientes dentro de la provincia. Algo similar ocurrió en Vietnam, después de un largo procesos de vacunación a gran escala, la presencia de clústeres de riesgo siguió estando vinculada a territorios donde la concentración productiva y las condiciones ambientales facilitaban la persistencia del problema (26).

Al haber aplicado un índice de riesgo sanitario en la investigación permitió sintetizar de manera ponderada la vulnerabilidad sanitaria de cada parroquia. Herramientas como las desarrolladas por Vougat et al. (27) y Nielsen et al. (28) , muestran cómo es posible asignar puntajes a prácticas cotidianas (desde la limpieza y el control de acceso hasta la gestión de residuos) para obtener una lectura objetiva del riesgo. Otros trabajos, como el de Wielick et al. (29) , demuestran que estos puntajes pueden llevarse un paso más allá, convirtiéndose en índices predictivos capaces de anticipar la presencia de enfermedades en sistemas pecuarios.

Se identificó una alta autocorrelación espacial en la concentración de granjas avícolas sin bioseguridad en la provincia de Tungurahua. Estos hallazgos muestran coherencia con investigaciones previas, de acuerdo con Wilches et al. (30) , quienes reportaron un $I = 0.303$ entre el PM10 y casos de COVID-19 en Bogotá, detectando así clústeres Alto-Alto en zonas suroccidentales de la ciudad, esto sugiere que la concentración local de un riesgo suele asociarse con aumentos locales en el riesgo sanitario. Así mismo, estudios que se realizaron en Aragón – España evidenciaron que el índice global varía con el tiempo, los análisis de LISA revelan la formación de conglomerados locales que pueden ser efímeros o persistentes por ello es importante realizar análisis temporales después de su intervención (31) . Es importante destacar que si el índice de Moran hubiese tenido una ausencia de autocorrelación eso no hubiera impedido la identificación de clústeres locales detectables por LISA (32) . Por tanto, se recomienda priorizar intervenciones focalizadas en los cantones con riesgo Alto-Alto identificados y complementar el análisis con indicadores de movilidad y rutas de comercialización avícola.

CONCLUSIONES

En conclusión, el análisis de clúster permitió organizar a las parroquias de Tungurahua en grupos con características productivas y sanitarias semejantes. Esta segmentación puso en evidencia que existen territorios que comparten niveles similares de capacidad instalada, cantidad de galpones y prácticas de bioseguridad, lo cual facilitó distinguir zonas con mayores desafíos y áreas con menor vulnerabilidad. Dichos hallazgos constituyen un recurso fundamental para orientar acciones de intervención, asistencia técnica y planificación diferenciada según las particularidades de cada agrupación territorial.

La elaboración y posterior aplicación del índice de Riesgo Sanitario Parroquial (IRSP) permitió medir y ordenar los niveles de riesgo sanitario presentes en cada una de las parroquias de la provincia de Tungurahua, lo que hizo posible distinguir zonas de riesgo alto, medio y bajo. Los valores obtenidos evidenciaron debilidades particularmente marcadas en el manejo de roedores, la presencia de insectos y el ingreso de animales externos, además de revelar inconsistencias en la implementación de los protocolos de desinfección.

Finalmente. Los resultados obtenidos a partir de los análisis de autocorrelación espacial confirmaron que el riesgo sanitario no se distribuye de manera aleatoria, sino que tiende a concentrarse en zonas específicas de la provincia. Tanto el índice de Moran Global como el estadístico Local (LISA) evidenciaron que las parroquias con mayores niveles de vulnerabilidad presentan una clara tendencia a agruparse, generando posibles efectos de propagación hacia áreas vecinas. Esta situación pone de manifiesto la importancia de gestionar el riesgo desde un enfoque territorial y colectivo, superando la visión aislada de cada unidad productiva avícola.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE). Este trabajo de Titulación es parte de los resultados del Proyecto de Investigación Titulado “Fortalecimiento comercial para el desarrollo sostenible de las organizaciones asociativas de Tungurahua, Ecuador”, con Resolución Nro. UTA-CONIN-2023-0330 R PFCA29. Además, a los investigadores del grupo Desarrollo Financiero Empresarial (DFE) y del grupo Desarrollo Territorial Empresa e innovación (DeTEI) de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato, quienes permitieron mejorar este Proyecto de Investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. UNICEF. Review of national Food-Based Dietary Guidelines and associated guidance for infants, children, adolescents, and pregnant and lactating women. New York.
2. WHO. World Health Organization. [Online]; 2020. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>.
3. Springmann M, Clark M, Rayner M, Scarborough P, Webb P. Los costos globales y regionales de patrones alimentarios saludables y sostenibles: un estudio de modelado. Lancet Planet Health. 2021; 5(11): p. 797-807.
4. OECD-FAO. Agricultural Outlook 2023-2032. Paris.
5. FAO. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2024.
6. Cumbajin E, Meneses E, Pila M, Quevedo A, Toapanta A. Desarrollo de la avicultura en Ecuador, América y el mundo Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2022.
7. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El huevo, un súper alimento, que genera más de 300 mil empleos directos. Quito.

8. European Food Safety Authority , European Centre for Disease Prevention and Control , European Union Reference Laboratory for Avian Infl , Alexakis L, Buczkowski H, Ducatez M, et al. Avian influenza overview March-June 2025. EFSA J. 2025; 25(7): p. 9520-9585.
9. PAHO-WHO. Pan American Health Organization. [Online].: Pan American Health Organization; 2025.. Disponible en: <https://www.paho.org/sites/default/files/2025-03/2025-mar-4-phe-epidupdate-avianinfluenza-eng-final.pdf>.
10. WHO. World Health Organization. [Online].; 2025.. Disponible en: <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2025-DON575>.
11. Agrocaldad. Resolución 0286. Quito.
12. Serrano C. Controles permanentes refuerzan la bioseguridad en granjas avícolas del Ecuador. Vistazo. 28 Octubre 2024.
13. Primicias. Escasez de maíz lleva al límite a pequeñas avícolas de Tungurahua, mientras sube el precio de la cubeta de huevos. Primicias. 04 Octubre 2024.
14. Avinews. Avinews. [Online].; 2025. Acceso 10 de Marzo de 2025. Disponible en: <https://avinews.com/crecimiento-y-desafios-del-sector-avicola-de-postura-en-ecuador-perspectivas-para-2025/>.
15. El Universo. En granjas de Tungurahua se detectan dos nuevos brotes de influenza aviar. El Universo..
16. Álava I, Gordon F. Modelo de aprendizaje automatizado para el cálculo de la prima vehicular y segmentación del consumidor Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; 2025.
17. Fermín R. Revisión de métodos de clustering para datos funcionales Coruña: Universidad de Coruña; 2024.
18. Anselin L,SI,&KY. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. Geographical Analysis. 2006; 38(1): p. 5–22.
19. Pérez D, Rodríguez H. Análisis espacial del pago del impuesto predial en la ciudad de Cartagena. Entramado. 2022; 18(1): p. 1-18.
20. Chacón C, Ramírez M, Rangel H. Dinámicas espaciales del índice de pobreza multidimensional en Colombia, 2005-2018. Revista ciudades, estados y política. 2024; 11(2): p. 15-41.
21. Fernández P, Herrera M. Regresiones SUR Espaciales. Análisis Espacio-temporal del Empleo Sectorial en Argentina. Red Nacional de Investigadores en Economía. 2023;(279): p. 1-25.
22. Mora M, Geldes C, Morales C. Innovación en agronegocios en cadenas de valor en territorios con alto potencial de crecimiento. Los casos de Ecuador, Paraguay y Nicaragua Roma: Economía del desarrollo agrícola de la FAO; 2024.
23. Escudero M, Ojeda S, Moya L, Enrique I. La malla estadística como unidad de análisis espacial. Razón de mortalidad, población y vivienda. EURE. 2024; 50(150): p. 1-24.
24. Sánchez R, Pérez I. Pertinencia del conocimiento y cumplimiento de la bioseguridad para el profesional de la salud. Humanidades Médicas. 2021; 21(1): p. 239-258.
25. Kachigunda B, Mengersen K, Perera D, Coupland G, Van der Merwe J, McKirdy S. Use of mixed-type data clustering algorithm for characterizing temporal and spatial distribution of biosecurity border detections of terrestrial non-indigenous species. PLoS ONE. 2022; 17(8).

26. Henning J, Pfeiffer D, Vu le T. Risk factors and characteristics of H5N1 Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) post-vaccination outbreaks. *Vet Res.* 2009; 40(3).
27. Vougat R, Leite M, Tilli G, Laconi A, Mahmood Q, Prodanov J, et al. Biosecurity implementation in poultry farms across Europe and neighboring countries: a systematic review. *Frontiers in Veterinary Science.* 2025; 12.
28. Nielsen S, Kemunto N, Muloi D, Bojesen A, Knight T, Ayebare D, et al. Flexible assessment of biosecurity in small and medium scale poultry farms in low and middle income countries. *Acta Veterinaria Scandinavica.* 2025; 69(9).
29. Wielick C, Ludwig L, Ribbens S, Thiry É, Faes C, Saegerman C. Biosecurity Risk Factors and Predictive Index for Hepatitis E Virus Serological Status in Belgian Pig Farms: Conventional and Free-Range Systems. *Viruses.* 2025; 17(432).
30. Wilches J, Díaz H, Castillo M. Asociación espacial e impacto de variables socioambientales en los casos de COVID-19 en Bogotá (Colombia). *Información Tecnológica.* 2022; 33(2): p. 67-76.
31. Escolano S, Salvador J. Redularidad global y variabilidad local de los patrones espacio temporales de la COVID-19 en Aragón (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.* 2022; 1(93): p. 1-31.
32. Rubio L, Ipanaqué E, Rojas M. Autocorrelación geoespacial departamental del COVID-19 asociado con enfermedades de comorbilidad: Perú 2020-2021. *Revista de Investigación Estadística.* 2024; 6(7): p. 76-87.