



Brucelosis bovina en Ecuador continental: distribución territorial, tasa de incidencia y riesgo en el quinquenio 2019-2023

Carrasco Carrasco, R.U.¹ ; Reinoso Pérez, M.^{2*} ; Sánchez Pila, F.E.³ ; Cayambe Padilla, M.A.⁴ ; Montatixe Sánchez, C.I.⁵ ; Carrasco Carrasco, A.L.⁶ 

¹Universidad Regional Amazónica Ikiam. Tena, Napo 150102, Ecuador. ²Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carretera a Camajuaní, Santa Clara 54830, Cuba. ³Universidad Regional Amazónica Ikiam. Tena, Napo 150102, Ecuador. ⁴Unidad Educativa Fiscomisional Leonardo Murialdo. Tena, Napo 150102, Ecuador. ⁵Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Chunchi, Chimborazo 050601, Ecuador. ⁶Universidad Católica Andrés Bello. Caracas 1021, Venezuela. ✉ mariorp@uclv.cu

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la distribución territorial, tasa de incidencia y animales en riesgo de brucelosis bovina en el Ecuador continental, correspondiente al quinquenio 2019-2023. Se realizó un estudio epidemiológico retrospectivo descriptivo de la serie de casos positivos y de la población bovina, desglosados por meses, años, provincias y regiones. El análisis estadístico contempló un ANOVA Multifactorial sin interacción para la media anual de casos positivos y la tasa de incidencia; la descomposición estacional de casos positivos, equiespaciados con amplitud estacional de 12 meses, y un análisis de conglomerados considerando la tasa de incidencia y el riesgo relativo para agrupar las provincias en tres categorías de riesgo: bajo, medio y alto. La región Andina evidenció el mayor promedio anual de casos positivos y la mayor tasa de incidencia ($p < 0,0119$) en comparación con las regiones Litoral y Amazónica. Las provincias Carchi, Santo Domingo de los Tsáchilas y Pichincha presentaron las tasas de incidencia más elevadas con 118,43, 80,52 y 80,44 casos por cada 100.000 bovinos, respectivamente. Estas tres provincias junto a El Oro alojan el mayor número de animales en riesgo. Las provincias Carchi, Cotopaxi, El Oro, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas se agruparon en el conglomerado de alto riesgo con las más elevadas tasas de incidencia y riesgos relativos, sugiriendo la necesidad de intervenciones focalizadas. Se concluye que la brucelosis está presente en 22 provincias continentales, con tasas de incidencia y cantidad de animales en riesgo muy variables. La heterogeneidad observada en el riesgo de contraer la enfermedad entre las regiones y provincias subraya la necesidad de un enfoque integral y multifacético para su manejo, que incluya la vigilancia epidemiológica, la educación y capacitación de los productores, la implementación de buenas prácticas de manejo y bioseguridad, y la ejecución de campañas de vacunación.

Palabras clave: *Brucella abortus*, riesgo, tasa de incidencia, zoonosis, epidemiología.

Bovine brucellosis in continental Ecuador: territorial distribution, incidence rate and risk in the 2019-2023 five-year period

Abstract. The objective of this study was to evaluate the territorial distribution, incidence rate, and animals at risk of bovine brucellosis in continental Ecuador during the 2019-2023 five-year period. A retrospective and descriptive epidemiological study was conducted on the series of positive cases and the bovine population, broken down by months, years, provinces, and regions. The statistical analysis included a multifactorial ANOVA without interaction for the annual mean of positive cases and the incidence rate; the seasonal decomposition of positive cases, equally spaced with a seasonal amplitude of 12 months, and a cluster analysis considering the incidence rate and the relative risk to cluster the provinces into three risk categories: low, medium, and high. The Andean region showed the highest annual average of positive cases, and the

highest incidence rate ($p < 0.0119$) compared to the Littoral and Amazon regions. The provinces of Carchi, Santo Domingo de los Tsáchilas and Pichincha had the highest incidence rates with 118.43, 80.52 and 80.44 cases per 100,000 cattle, respectively. These three provinces, together with El Oro, host the highest number of animals at risk. The provinces of Carchi, Cotopaxi, El Oro, Pichincha and Santo Domingo de los Tsáchilas were grouped in the high-risk cluster with the highest incidence rates and relative risks, suggesting the need for targeted interventions. It is concluded that brucellosis is present in 22 continental provinces, with highly variable incidence rates and number of animals at risk. The observed heterogeneity in the risk of contracting the disease among regions and provinces underscores the need for a comprehensive and multifaceted approach to its management, including epidemiological surveillance, education and training of producers, implementation of good management and biosecurity practices, and the execution of vaccination campaigns.

Key words: *Brucella abortus*, risk, incidence rate, zoonosis, epidemiology.

INTRODUCCIÓN

La brucelosis es una enfermedad bacteriana infectocontagiosa causada por especies del género *Brucella*, cocobacilos Gram negativo de la familia Brucellaceae (Spickler 2018) localizados en los órganos reproductivos de los animales, las secreciones uterinas y en la leche; la enfermedad afecta tanto a humanos como a especies de animales domésticos y silvestres. Por su impacto económico global y carácter zoonótico figura en la lista B del Código Sanitario para los Animales Terrestres de la Organización Mundial de Sanidad Animal a la que debe notificarse de manera obligatoria (OIE 2023), por esta razón en Ecuador está incluida en la lista de enfermedades de declaración obligatoria (AGROCALIDAD 2013), país donde sigue siendo endémica.

Su prevalencia puede asociarse a desatención y falta de interacción entre los sistemas de salud humana y veterinaria (Álvarez-Hernández et al. 2015, Pinn-Woodcock et al. 2023). El monitoreo permanente de su comportamiento es la estrategia para identificar cambios importantes a través de los años en las regiones geográficas con mayor incidencia y riesgo relativo. Estos cambios serán reflejo de las acciones de prevención y control tomadas por los organismos rectores. El carácter multifactorial de la prevalencia de la enfermedad dificulta el control efectivo y subraya la importancia de una vigilancia epidemiológica efectiva y la implementación de estrategias de prevención adaptadas a las condiciones locales.

Según datos de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE 2024) el continente americano acumula el mayor porcentaje (45,1%) de casos registrados en el periodo 2010-2023, seguido por Asia (28,2%), Europa (20,1%) África (6,5%) y Oceanía (0,1%). Por tanto, la incidencia de la enfermedad geográficamente enmarca al Ecuador en la región con más nivel de riesgo y afectación.

Particularmente, la brucelosis bovina, causada por la bacteria *Brucella abortus*, se identifica como uno de los principales problemas sanitarios y económicos de la ganadería ecuatoriana, en consecuencia, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la distribución espacial, tasa de incidencia y animales en riesgo de brucelosis bovina en Ecuador durante el quinquenio 2019-2023.

MATERIALES Y MÉTODOS

Marco metodológico y espacio-temporal. Se realizó un estudio epidemiológico retrospectivo, descriptivo, de la serie de casos positivos de brucelosis y de la población

bovina, datos que fueron desglosados por meses (12) y años (5), correspondientes al quinquenio 2019-2023, así como por provincias (23) y regiones (3) pertenecientes al territorio continental del Ecuador.

Los datos primarios contenidos en la serie temporal fueron proporcionados por las siguientes instituciones ecuatorianas:

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, entidad que anualmente realiza la Encuesta de Superficie de Producción Agropecuaria Continua para determinar la dinámica de la población bovina del país y de cada provincia.

Agencia de Aseguramiento de la Calidad del Agro "AGROCALIDAD" la que, a través del Sistema de Información Zoonosanitaria de la Coordinación General de Sanidad Animal, registra aquellos casos clínicamente sospechosos que a la prueba de inmuno-ensayo de adsorción - ELISA competitivo -, aislamiento o fijación del complemento, resulten positivos, siguiendo el protocolo establecido en el Manual de Procedimientos para la Prevención y el Control de la Brucelosis Bovina (AGROCALIDAD 2016).

Variables estimadas. Se analizaron 4.310 casos positivos provenientes tanto de fincas lecheras como de cría, a partir de los cuales se determinaron las siguientes variables respuestas:

Tasa de incidencia, expresada como el número de casos nuevos de brucelosis por cada 100.000 animales en la población bovina de cada región y provincia, proporcionando una medida directa de la frecuencia de la enfermedad.

Cantidad de animales en riesgo. Se empleó el Modelo Lineal Generalizado con enlace logarítmico y distribución de Poisson, considerando la cantidad de casos de brucelosis como variable dependiente. Se incluyen en el modelo, como variables independientes, la cantidad de bovinos de cada provincia, así como el año y la provincia como variables categóricas, permitiendo evaluar el efecto de la ubicación geográfica sobre el riesgo de contraer la enfermedad, ajustando por el tamaño de la población bovina y las tendencias temporales. El riesgo relativo correspondiente a cada territorio se calculó a partir de los coeficientes del modelo, utilizando la exponenciación para transformar los efectos log-lineales a una escala multiplicativa.

Procesamiento estadístico. Para la interpretación estadística de las variables cuantificadas se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Centurion ver. XV.II.

(StatPoint Technologies, Statistical Graphic Corp., USA, 2010), realizándose los siguientes análisis:

Análisis de Varianza (ANOVA) Multifactorial sin interacción para la media anual de casos positivos y la tasa de incidencia como las variables respuesta, mientras que las tres regiones geográficas y los cinco años del quinquenio fueron las variables categóricas o factores. Los valores medios se compararon mediante prueba de los rangos múltiples de Duncan (Montgomery 2003, Navarro 2006) para $p < 0,05$ y nivel de confianza del 95%.

Descomposición estacional de los casos de brucelosis: Se utilizó el modelo multiplicativo del módulo descriptivo de la serie de tiempo, determinándose los índices estacionales mensuales para un período de 60 meses e igual número de observaciones numéricas, equiespaciadas con un intervalo de muestreo de un mes y una amplitud estacional de 12 meses (Velázquez Martínez y Ramírez Guzmán 1994, Pérez 2011).

Análisis de conglomerados (Clustering): Se seleccionaron dos variables críticas que reflejan el riesgo asociado a brucelosis en la población bovina de cada provincia: 1) la tasa de incidencia y 2) el riesgo relativo. Se utilizó el algoritmo K-Means, método no jerárquico que permite particionar el conjunto de datos en k grupos

basados en las variables seleccionadas, minimizando la varianza dentro de cada grupo. Se eligió un valor de $k = 3$ para identificar tres categorías distintas de riesgo: bajo, medio y alto. La asignación de cada provincia a un conglomerado se basó en la similitud de sus valores de tasa de incidencia y riesgo relativo con respecto a los centroides de los conglomerados, que son los puntos representativos de cada grupo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población bovina, casos positivos y tasa de incidencia de brucelosis. La Tabla 1 muestra los valores medios de la población bovina, el número de casos y de la tasa de incidencia de brucelosis, para cada una de las provincias del territorio continental del Ecuador, durante el quinquenio 2019-2023. Nótese que la provincia Carchi presentó la tasa de incidencia más alta, con 118,43 casos por cada 100.000 bovinos, seguida por las provincias Santo Domingo de los Tsáchilas (80,52) y Pichincha (80,44). Por otro lado, provincias como Santa Elena (0), Zamora Chinchipe (0,68) y Morona Santiago (1,72) exhibieron las tasas más bajas.

Tabla 1. Población bovina, casos positivos de brucelosis y tasa de incidencia por provincias, durante el quinquenio 2019-2023.

Provincias	Población bovina \pm EE*	Casos positivos registrados	Tasa de incidencia
	Región Andina (Sierra)		(x 100.000 bovinos) \pm EE*
Azuay	307.162 \pm 14.370	82	5,34 \pm 1,88
Bolívar	149.918 \pm 4.403	27	3,60 \pm 1,67
Cañar	135.077 \pm 11.031	16	2,37 \pm 1,36
Carchi	89.335 \pm 3.935	529	118,43 \pm 34,44
Cotopaxi	283.849 \pm 9.590	381	26,84 \pm 10,74
Chimborazo	309.319 \pm 11.553	171	11,06 \pm 3,62
Imbabura	99.540 \pm 3.886	97	19,49 \pm 7,58
Loja	149.377 \pm 8.550	19	2,54 \pm 1,23
Pichincha	273.749 \pm 11.226	1101	80,44 \pm 16,88
Tungurahua	183.464 \pm 7.873	218	23,76 \pm 4,26
Región Litoral (Costa)			
El Oro	147.465 \pm 13.778	462	62,66 \pm 59,81
Esmeraldas	266.394 \pm 12.410	206	15,47 \pm 4,22
Guayas	242.729 \pm 10.281	26	2,14 \pm 0,93
Los Ríos	74.122 \pm 2.722	35	9,44 \pm 6,67
Manabí	855.412 \pm 41.143	217	5,07 \pm 0,62
Santa Elena	2.204 \pm 402	0	0 \pm 0
Santo Domingo de los Tsáchilas	129.400 \pm 8.002	521	80,52 \pm 24,33
Región Amazónica (Oriente)			
Morona Santiago	104.434 \pm 4.971	9	1,72 \pm 1,13
Napo	28.222 \pm 3.869	30	21,26 \pm 12,72
Orellana	48.851 \pm 1.736	108	44,22 \pm 14,74
Pastaza	20.939 \pm 3.380	18	17,19 \pm 11,85
Sucumbíos	98.489 \pm 5.717	35	7,11 \pm 6,34
Zamora Chinchipe	58.929 \pm 2.725	2	0,68 \pm 0,39

*Valores medios quinquenales

Las mayores tasas de incidencia pueden estar asociadas al efecto del manejo del hato, hallazgo que ha sido reportado por Zambrano Aguayo et al. (2016) quienes sostienen que los hatos dedicados a la producción de leche tienen mayor probabilidad de ser identificados como puntos focales de brucelosis. Téngase en cuenta que las provincias Carchi y Pichincha están especializadas en la producción láctea, por lo que la conformación del rebaño y la ejecución de acciones diarias para el manejo de las hembras lecheras incrementa la posibilidad de detectar abortos u otros síntomas clínicos de la enfermedad (Román y Luna Herrera 2017, Pinn-Woodcock et al. 2023).

La variabilidad en las tasas de incidencia entre las provincias refleja una compleja interacción de factores ambientales, de manejo y socioeconómicos que influyen en la distribución, circulación y transmisión de esta enfermedad, como podrían ser prácticas incorrectas de manejo animal que facilitan la transmisión, la presencia de vectores o reservorios silvestres, y el no cumplimiento de las medidas de bioseguridad en los hatos ganaderos.

Estudios precedentes revelaron una prevalencia de brucelosis bovina a nivel de rebaño del 21,3% en el territorio continental (Garrido-Haro et al. 2023), por tanto se infiere la relevancia de esta enfermedad en el sector pecuario, donde provoca significativas pérdidas económicas debido a la disminución de la producción de leche, el incremento de abortos y de otros problemas reproductivos, el sacrificio de animales infectados, y la restricción de la comercialización de animales y sus productos, por lo que afecta la rentabilidad de los emprendimientos ganaderos (Cárdenas Contreras 2018, Zhang et al. 2018, Carrasco et al. 2019, Ibarra et al. 2023, Vergara Candela 2023).

Destaca el caso particular de Manabí, provincia con el mayor censo ganadero del Ecuador (aproximadamente el 21% de la población bovina del país), sin embargo, en el quinquenio analizado muestra una tasa de incidencia de 5,07 casos positivos por cada 100.000 animales, por lo que se descarta el criterio de Ayala y Tobar (2011) de que la prevalencia de la enfermedad está directamente relacionada con la densidad de la población del ganado, aun cuando para esta provincia se ha reportado un bajo nivel de cumplimiento de las medidas contempladas en el Programa Ecuatoriano para la Prevención y Control de la enfermedad (Zambrano Aguayo y Pérez Ruano 2016).

Tabla 2. Media anual de casos positivos reportados y tasa de incidencia de brucelosis discriminadas por regiones y años durante el quinquenio 2019-2023.

Regiones	Casos positivos	Tasa de incidencia
Andina (Sierra)	528,2 ^a	26,74 ^a
Litoral (Costa)	296,2 ^b	16,62 ^b
Amazónica (Oriente)	41,6 ^c	11,45 ^b
EE±	69,02	2,73
Años		
2019	593 ^a	35,7 ^a
2020	175,33 ^b	10,94 ^b
2021	322,66 ^{ab}	18,33 ^b
2022	200,67 ^b	11,95 ^b
2023	151,67 ^b	11,47 ^b
EE±	95,51	3,48

Valores dentro de columnas con letras diferentes indican diferencia estadística ($p < 0,05$).

Obsérvese que en la región Andina se reportó el mayor promedio anual de casos positivos ($p=0,0035$) y la mayor tasa de incidencia con 26,74 casos por cada 100.000 animales ($p=0,0119$), en comparación con las regiones Litoral (16,62) y Amazónica (11,45). A este resultado contribuyeron significativamente las ya mencionadas provincias Carchi y Pichincha, con tasas de incidencia muy elevadas, así como Cotopaxi y Tungurahua; en estas cuatro provincias se reporta, en su conjunto, el 51,72% de los casos positivos de Ecuador. Por su parte, la región Litoral ocupa el segundo lugar en el promedio anual de casos positivos (296,2), y en ella se identifican a Santo Domingo de los Tsáchilas y El Oro como las provincias con el mayor número de casos positivos confirmados en el quinquenio, con tasas de incidencias del 80,52 y 62,66 por cada 100.000 animales, respectivamente. Estos resultados coinciden en gran medida con los estudios realizados por Paucar et al. (2021) y Garrido-Haro et al. (2023), quienes reportan el mayor número de casos para las regiones Litoral y Andina.

Entre los años en análisis de la serie histórica se encontró diferencia estadística significativa ($p=0,0404$) sólo para el año 2019 donde se reportó el mayor número de casos (593) y la tasa de incidencia más elevada (35,7), resultado que pudo haber estado asociado a un mayor esfuerzo en la vigilancia y en la realización de pruebas serológicas.

La Figura 1 exhibe los patrones estacionales de los casos positivos de brucelosis para cada mes del año, escalados de forma tal que una estación promedio sea igual a 100%. Nótese que a lo largo del año ocurren dos picos estacionales correspondientes a los períodos marzo-abril y julio-noviembre en los cuales el número de casos confirmados supera el valor porcentual promedio (100) de la serie temporal. Este hallazgo sugiere que en esos meses deben incrementarse las medidas de bioseguridad de los hatos, así como los esfuerzos de vigilancia y realización de muestreos serológicos.

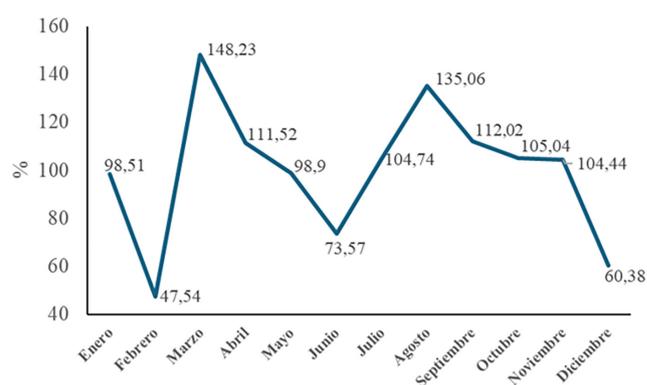


Figura 1. Índices estacionales mensuales para el número de casos positivos de la brucelosis bovina en Ecuador, durante el quinquenio 2019-2023.

Estimación de la cantidad de animales en riesgo. La Figura 2 muestra la cantidad de animales que anualmente se encuentran bajo riesgo de contraer la enfermedad, en cada provincia. Las cifras estimadas proporcionan una perspectiva adicional sobre el impacto potencial de la brucelosis, más allá de los casos diagnosticados. Se corrobora que las provincias con altas tasas de incidencia muestran también riesgos relativos elevados y, consecuentemente, el

número de animales en riesgo se incrementa. Los valores provinciales estimados totalizan 3.613 animales en riesgo cada año, cifra 4,19 veces superior al promedio de casos confirmados anualmente en el quinquenio analizado, por lo que este hallazgo desvela un conjunto oculto de casos no detectados anualmente, con los consabidos impactos negativos sobre la productividad de los rebaños, la calidad e inocuidad de los productos comercializables, lo que se traduce en pérdidas económicas considerables para los emprendimientos ganaderos del Ecuador. Por otro lado, esta población no identificada deviene un reservorio de la enfermedad y un factor determinante de incremento de la tasa de incidencia de la misma.

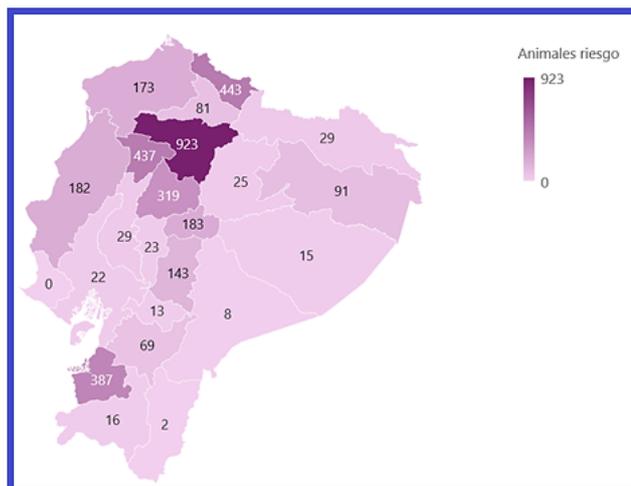


Figura 2. Distribución provincial de la cantidad de animales en riesgo de contraer brucelosis en el Ecuador continental

De acuerdo con los valores ilustrados en la Figura 2, las provincias Pichincha, Carchi y Cotopaxi, (región Andina) y Santo Domingo de los Tsáchilas y El Oro (región Litoral) muestran un número de animales en riesgo muy elevado en relación con el resto de las provincias. Estos cinco territorios alojan el 69,46% del total de animales en esa condición de riesgo del país. Por su parte, en la región Andina se contabilizan 2.214 animales en riesgo, lo que representa el 61,28% del total estimado. La concurrencia de diversos factores de riesgo en estos territorios contribuye a la circulación del agente etiológico de la brucelosis bovina. Estudios previos han mostrado que factores como la coexistencia de diferentes especies hospedadoras que favorecen la transmisión cruzada, tales como equinos, cerdos, ovinos, caprinos, perros, entre otros; la realización de prácticas agropecuarias sin medidas de bioseguridad adecuadas, y el limitado acceso a servicios veterinarios y campañas de vacunación pueden contribuir significativamente al incremento del riesgo de brucelosis (Njeru et al. 2021). Por demás, la variabilidad territorial en la aplicación de medidas de control y en la percepción del riesgo por parte de los ganaderos limita la efectividad de las acciones de prevención, vigilancia y control.

Al respecto, Paucar et al. (2021), exponen como característica negativa del proceso de diagnóstico de la enfermedad el número de casos asintomáticos, lo que constituye un factor limitante para asegurar su control. De hecho, se asume que el mayor volumen de pérdidas que genera la enfermedad en el sector ganadero es ocasionado por el desconocimiento del estado sanitario de los animales

en el rebaño respecto a esta enfermedad. Además, el carácter enzoótico de las afecciones por *B. abortus* se relaciona con una menor disponibilidad de recursos para la implementación de programas de prevención y control, adicionalmente, una alta densidad de la población bovina dificulta la trazabilidad de sus productos y la particularización de resultados (Pinn-Woodcock et al. 2023).

La aplicación del algoritmo de clustering K-Means para clasificar las provincias según la tasa de incidencia y el riesgo de brucelosis, facilitó la identificación de áreas prioritarias para la intervención, resultado que posibilita una asignación más eficiente de recursos financieros y logísticos para ejecutar acciones eficaces de prevención, vigilancia y control, con un enfoque proactivo como sugieren Idrees et al. (2024).

La clasificación resultante reveló una distribución heterogénea del riesgo de brucelosis entre las provincias. En el conglomerado de bajo riesgo se agruparon las provincias Cañar, Loja, Morona Santiago, Pastaza, Santa Elena y Zamora Chinchipe, las que exhiben tasas de incidencia y riesgos relativos mínimos. El conglomerado de riesgo medio incluyó 12 provincias (Azuay, Bolívar, Chimborazo, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Los Ríos, Manabí, Napo, Orellanas, Sucumbíos y Tungurahua), con tasas de incidencia y riesgos relativos moderados. Finalmente, el resto de las provincias (Carchi, Cotopaxi, El Oro, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas) se agruparon en el conglomerado de alto riesgo con las más elevadas tasas de incidencia y riesgos relativos, sugiriendo la necesidad de intervenciones focalizadas.

CONCLUSIONES

Con la excepción de la provincia Santa Elena, la brucelosis está presente en 22 provincias continentales de Ecuador, con tasas de incidencia y cantidad de animales en riesgo muy variables. La región Andina presenta la mayor tasa de incidencia con 26,74 casos por cada 100.000 animales, donde destacan por su elevada tasa las provincias Carchi y Pichincha. En las dos regiones restantes, aunque con tasas más bajas, la enfermedad también está presente. La heterogeneidad observada en el riesgo de brucelosis entre las regiones y provincias subraya la necesidad de un enfoque integral y multifacético para su manejo, que incluya la vigilancia epidemiológica, la educación y capacitación de los productores, la implementación de buenas prácticas de manejo y bioseguridad, y la promoción de campañas de vacunación.

ORCID

Carrasco Carrasco, R.U.  <https://orcid.org/0009-0008-5254-5762>

Reinoso Pérez, M.  <https://orcid.org/0000-0001-5825-6234>

Sánchez Pila, F.E.  <https://orcid.org/0000-0002-6840-4576>

Cayambe Padilla, M.A.  <https://orcid.org/0000-0002-9959-6515>

Montatixe Sánchez, C.I.  <https://orcid.org/0000-0001-7128-9049>

Carrasco Carrasco, A.L.  <https://orcid.org/0009-0007-7704-5038>

REFERENCIAS

1. Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD). Lista de enfermedades de notificación obligatoria para las diferentes especies animales en todo el territorio nacional. Resolución DAJ-2013461-0201.0214. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Ecuador. 2013. Disponible en: <https://vlex.ec/vid/base-enfermedades-obligatoria-especies-507311814>. Último acceso: Agosto/2024
2. Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD). Manual de Procedimientos para Prevención y Control de la Brucelosis Bovina en Ecuador. Resolución 0131, DAJ-2016268-0201. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Ecuador. 2016. Disponible en: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/resolucion-0131.pdf>. Último acceso: Agosto/2024
3. Álvarez-Hernández NE, Díaz-Flores M, Ortiz Reynoso M. Brucelosis, una zoonosis frecuente. *Rev Med Inv.* 2015; 3(2): 129-133.
4. Ayala E, Tobar L. Incidencia de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) en los hatos lecheros de la Asociación Rancheros del Norte, Parroquia El Carmelo, Cantón Tulcán, Provincia del Carchi. Tesis en Desarrollo Integral Agropecuario. Universidad Politécnica Estatal de Carchi. 2011; 112 p.
5. Cárdenas Contreras ZL. La brucelosis bovina y sus factores de riesgo a nivel mundial y en Colombia. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona, España. 2018; 228 p. Disponible en línea: https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2018/hdl_10803_461075/zlcc1de1.pdf. Último acceso: Septiembre/2024
6. Carrasco R, Castro W, Guaman S, González R. Economic affectation by *Brucella abortus* in dairy farms, high Andean case report in Ecuador. *Dairy and Vet Sci J.* 2019; 12(5): 555850.
7. Garrido-Haro A, Barrionuevo-Samaniego M, Moreno-Caballeros P, Burbano-Enríquez A, Sánchez-Vázquez MJ, Pompei J, Humblet M, Ron-Román J, Saegerman C. Seroprevalence and risk factors related to bovine brucellosis in continental Ecuador. *Pathogens.* 2023; 12 (9): 1134.
8. Ibarra M, Campos M, Ibarra C, Urgilés G, Huera D, Gutiérrez M, Chamorro A, Núñez Naranjo LF. Financial losses associated with bovine brucellosis (*Brucella abortus*) in Carchi-Ecuador. *Open Journal of Animal Sciences.* 2023; 13: 205-216.
9. Idrees H, Abbas J, Raza A, Qamar MH, Waheed MA, Arshad MB, Ali MH, Jabar A, Farooq M, Rehman T, Raheem A. A systematic overview of bovine brucellosis and its implications for public health: Bovine Brucellosis: A Zoonotic Threat. *Letters In Animal Biology.* 2024; 4(1): 01-09.
10. OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). Brucelosis. 2023. Disponible en: <https://www.woah.org/es/enfermedad/brucelosis/>. Último acceso: Septiembre/2024
11. OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). Código Sanitario para los Animales Terrestres. Capítulo 8.4. Infección por *Brucella abortus*, *B. melitensis* y *B. suis*. 2024 Disponible en: https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/chapitre_bovine_brucellosis.pdf. Último acceso: Septiembre/2024
12. Montgomery DC. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Limusa Wiley, México D.F. 2003. Disponible en: https://www.academia.edu/9101936/Dise%C3%B1o_y_an%C3%A1lisis_de_experimentos_Douglas_C_Montgomery. Último acceso: Diciembre/2024
13. Navarro JR. Diseño experimental: aplicaciones en agricultura. Editorial UCR, San José, Costa Rica. 2006.
14. Njeru J, Nthiwa D, Akoko J, Oyas H, Bett B. Incidence of *Brucella* spp. in various livestock species raised under the pastoral production system in Isiolo County, Kenya. *BMC Vet Res.* 2021; 17(1): 342.
15. Paucar V, Ron-Román J, Benítez-Ortiz W, Celi M, Berkvens D, Saegerman C, Ron-Garrido L. Bayesian estimation of the prevalence and test characteristics (sensitivity and specificity) of two serological tests (RB an SAT-EDTA) for the diagnosis of bovine brucellosis in small and medium cattle holders in Ecuador. *Microorganisms.* 2021; 9: 1815.
16. Pérez C. Series Temporales. Técnicas y herramientas. Editorial Garceta, España. 2011. ISBN: 978-84-9281-288-2. Disponible en: <https://www.garceta.es/catalogo/libro.php?ISBN=978-84-9281-288-2%20&id=6>. Último acceso: Diciembre/2024
17. Pinn-Woodcock T, Frye E, Guarino C, Franklin-Guild R, Newman A, Bennett J, Goodrich E. A one-health review on brucellosis in the United States. *J Am Vet Med Assoc.* 2023; 261(1): 1-12.
18. Román F, Luna Herrera J. Revisión actualizada de la epidemiología de Brucelosis (*Brucella abortus*, *Brucella melitensis*, *Brucella suis*, *Brucella canis*) en el Ecuador y el mundo. *Centro de Biotecnología.* 2017; 6: 82-93.
19. Spickler AR. Brucellosis factsheet. 2018; 14 p. Disponible en: <http://www.cfsph.iastate.edu/DiseaseInf/factsheets.php>. Último acceso: Agosto/2024
20. Velázquez Martínez LD, Ramírez Guzmán ME. Cómo utilizar STATGRAPHICS para el análisis estadístico de series de tiempo. *Comunicaciones en Estadística y Cómputo.* 1994; 13(1): 1-27. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/317643647>. Último acceso: Diciembre/2024.
21. Vergara Candela CA. Prevalencia de brucelosis (*Brucella abortus*) en los hatos bovinos del Ecuador 2023. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar.* 2023; 7(4): 9477-9498.

22. Zambrano Aguayo MD, Pérez Ruano M. Evaluación de la aplicación del programa de control de brucelosis bovina en la provincia Manabí, Ecuador. *Rev. Salud Anim.* 2016; 38(2): 79-84.
23. Zambrano Aguayo DM, Pérez Ruano M, Rodríguez Villafuerte, X. Brucelosis bovina en la provincia Manabí, Ecuador. Estudio de los factores de riesgo. *Rev Inv Vet Perú.* 2016; 27(3): 607-6017.
24. Zhang N, Huang D, Wu W, Liu J, Liang F, Zhou B, Guan P. Animal brucellosis control or eradication programs worldwide: a systematic review of experiences and lessons learned. *Prev Vet Med.* 2018; 160: 105-115.