UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO
PROGRAMA DE POSGRADO: MEASTRÍA EN SANIDAD ANIMAL
COHORTE 2023

Tema: Estudio retrospectivo de la prevalencia de brucelosis bovina *(Brucella abortus)* en el Ecuador desde los años 2015 – 2023.

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magíster en Sanidad Animal

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo.

Autor: Mvz. Edison Macgyver Barragán Taco

Director: Ing. Oscar Patricio Núñez Torres PhD

Cevallos – Ecuador

2024

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Dr. Carlos Luis Vásquez Freytez PhD, e integrado por los señores: Mvz. Byron Enrique Borja Caicedo Mg., Dr. Gerardo Enrique Kelly Alvear Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar el Trabajo de Titulación con el tema: "Estudio retrospectivo de la prevalencia de brucelosis bovina *(Brucella abortus)* en el Ecuador desde los años 2015 – 2023" elaborado y presentado por el *señor Mvz. Edison Macgyver Barragán Taco,* para optar por el Titulo de cuarto nivel de Magíster en Sanidad Animal, una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Firmado electrónicamente por:
CARLOS LUIS VASQUEZ FREYTEZ

Dr. Carlos Luis Vásquez Freytez PhD.
Presidente y Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
BYRON ENRIQUE BORJA CAICEDO

Mvz. Byron Enrique Borja Caicedo Mg.
Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
GERARDO ENRIQUE KELLY ALVEAR

Dr. Gerardo Enrique Kelly Alvear Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: **Estudio retrospectivo de la prevalencia de brucelosis bovina *(Brucella abortus)* en el Ecuador desde los años 2015 – 2023**, le corresponde exclusivamente a: Mvz. Edison Macgyver Barragán Taco, Autor bajo la Dirección de Ing. Oscar Patricio Núñez Torres PhD, director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Firmado electrónicamente por:
EDISON MACGYVER
BARRAGAN TACO

Mvz. Edison Macgyver Barragán Taco

c.c.:0202471272

AUTOR

Firmado electrónicamente por:
OSCAR PATRICIO
NUNEZ TORRES

Ing. Oscar Patricio Núñez Torres, PhD.

c.c.: 1802236669

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Firmado electrónicamente por:
EDISON MACGYVER BARRAGAN TACO

Mvz. Edison Macgyver Barragán Taco

c.c.: 0202471272

ÍNDICE GENERAL

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad De Ciencias Agropecuarias ii

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii

AUTOR iii

ÍNDICE GENERAL v

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

AGRADECIMIENTO ix

DEDICATORIA x

RESUMEN xi

ABSTRACT xii

CAPÍTULO I 13

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 13

1.1. Introducción 13

1.2. Justificación 15

1.3. Objetivos 16

1.3.1. General 16

1.3.2. Específicos 16

CAPÍTULO II 17

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS 17

CAPÍTULO III 21

MARCO METODOLÓGICO 21

3.1. Ubicación 21
3.2. Equipos y materiales 21
3.3. Tipo de investigación 21
3.4. Prueba de Hipótesis 21
3.5. Población o muestra 21
3.6. Recolección de información: 22
1.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico: 22
1.8. Variables respuesta o resultados alcanzados 22

CAPÍTULO IV 23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 23
4.1. Prevalencia y fluctuaciones de los casos de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) por región y provincia en el Ecuador 23
4.2. Dinámica evolutiva de la brucelosis bovina (*Brucella abortus*) desde el 2016 al 2023 en el Ecuador 28

CAPÍTULO V 34
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS 34
5.1. Conclusiones 34
5.2. Recomendaciones 34
5.3. BIBLIOGRAFÍA 35
5.4. ANEXOS 39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variación de la prevalencia de brucelosis bovina en las diferentes provincias del Ecuador durante el período 2016-2023 26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Diagrama de bigotes mostrando las variaciones en el porcentaje de prevalencia entre las regiones Costa, Sierra y oriente durante el período 2016-2023*..... 23

Figura 2. *Evolución histórica de la prevalencia de brucelosis bovina en las regiones Costa, Sierra y Oriente durante el período 2016-2023*..... 25

Figura 3. *Mapa mostrando la prevalencia de brucelosis bovina en las diferentes provincias del Ecuador en el período 2016-2023*..... 27

Figura 4. Dinámica de la evolución de la brucelosis bovina en Ecuador en el período 2016-2023..... 28

Figura 5. Valores máximos y mínimos de la prevalencia de brucelosis bovina en Ecuador en el período 2016-2023 29

Figura 6. Fluctuaciones de la prevalencia de brucelosis bovina de enero a diciembre de los años 2016 al 2019..... 31

Figura 7. Fluctuaciones de la prevalencia de brucelosis bovina de enero a diciembre de los años 2020 al 2023..... 32

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por la salud y la fortaleza que me ha dado a lo largo de este proceso. Sin su guía y bendiciones, este logro no habría sido posible.

A mis padres, les agradezco profundamente por ser el apoyo fundamental en mi vida. Su amor, sacrificio y constante aliento me han inspirado a superar cada desafío. Su fe en mí ha sido una fuente inagotable de motivación y por ello, les estaré eternamente agradecido.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por ser mi guía y fortaleza en todo momento, y por otorgarme la salud y sabiduría necesarias para completar este trabajo.

A mis padres, por su amor incondicional, su sacrificio y su apoyo incansable. Su fe en mí y su dedicación a mi educación han sido el pilar sobre el cual he construido este logro. La herencia más grande que me han dejado es el valor del estudio y la importancia del conocimiento.

A mis amigos y seres queridos, que con su paciencia y comprensión me han acompañado en este viaje. Sus palabras de aliento y su compañía han sido fundamentales para mantenerme enfocado y motivado.

Finalmente, dedico este trabajo a todos aquellos que creen en el poder de la educación y el esfuerzo constante. Que este logro sea una inspiración para seguir persiguiendo sueños y metas con determinación y perseverancia.

RESUMEN

La brucelosis bovina, causada por *Brucella abortus*, es una enfermedad zoonótica de importancia a nivel mundial debido a las consecuencias tanto en la salud pública como en la economía, especialmente en países en desarrollo de América Latina, África, Asia donde las prácticas de control y erradicación son ineficaces. En el presente estudio se analizó la prevalencia de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) en el Ecuador desde los años 2016-2023. Se analizaron 1279 casos de brucelosis bovina reportados de acuerdo con los registros de la Agencia de Regulación y Control Fito Zoosanitaria – AGROCALIDAD desde el 2016 a 2023 para evaluar las posibles diferencias en los porcentajes de prevalencia de brucelosis a través de los años de estudio, variaciones en los meses del año, provincias que conforman el Ecuador, así como las regiones. En conjunto, las regiones Sierra y Oriente mostraron los más altos porcentajes de prevalencia, con promedios de 15.80 y 15.87 %, respectivamente, mientras que en la Región Costa el porcentaje promedio alcanzó valores de 10.53%. En las provincias de la Costa, la prevalencia varió desde 6.0% en la provincia de Santa Elena hasta 15.2% en Guayas. En cuanto a la región Sierra, se observó una variación más amplia de los niveles de prevalencia, oscilando entre 7.8% en la provincia del Carchi hasta 29.6% en la provincia de Loja, mientras que en la región Oriente la seroprevalencia varió desde 6.8% en Morona Santiago hasta 22.9% en la provincia de Napo. Por último, la brucelosis bovina en el Ecuador mostró amplias variaciones entre los años 2016 al 2023, con valores de 14.75% en el 2016, el cual tendió a disminuir hasta el 2018 con una variación de hasta -44% con relación a los dos años previos, mientras que en 2019 se observó un incremento con una variación de 84%, después de lo cual disminuyó hasta el 2021 y un ligero repunte en el 2022.

Palabras Claves: *Brucella abortus*, estudio retrospectivo, Costa Sierra, Oriente, Ecuador

ABSTRACT

Bovine brucellosis, caused by *Brucella abortus*, is a zoonotic disease of global importance due to its consequences for both public health and the economy, especially in developing countries in Latin America, Africa, and Asia where control and eradication practices are ineffective. In this study, the prevalence of bovine brucellosis (*Brucella abortus*) in Ecuador from 2016 to 2023 was analyzed. A total of 1,279 cases of bovine brucellosis reported according to the records of the Phyto-Zoosanitary Regulation and Control Agency - AGROCALIDAD from 2016 to 2023 were analyzed to evaluate possible differences in the prevalence percentages of brucellosis through the years of study, variations in the months of the year, provinces that make up Ecuador, as well as the regions. Overall, the Sierra and Oriente regions showed the highest prevalence rates, with averages of 15.80 and 15.87%, respectively, while in the Costa Region the average rate reached 10.53%. In the Costa Provinces, prevalence ranged from 6.0% in the province of Santa Elena to 15.2% in Guayas. In the Sierra Region, a wider variation in prevalence levels was observed, ranging from 7.8% in the province of Carchi to 29.6% in the province of Loja, while in the Oriente Region seroprevalence ranged from 6.8% in Morona Santiago to 22.9% in the province of Napo. Finally, bovine brucellosis in Ecuador showed wide variations between the years 2016 to 2023, with values of 14.75% in 2016, which tended to decrease until 2018 with a variation of up to -44% compared to the two previous years, while in 2019 an increase was observed with a variation of 84%, after which it decreased until 2021 and a slight rebound in 2022.

Keywords: *Brucella abortus*, retrospective study, Coastal, Highland, Western, Ecuador

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

La brucelosis es una enfermedad zoonótica que, aunque tiene una amplia distribución a nivel mundial, ha sido controlada y, en algunos casos erradicada, en varios países (More et al., 2017). En el ganado bovino, la brucelosis es causada por *Brucella abortus*, un cocobacilo intracelular facultativo gramnegativo de la familia Brucellaceae, pero en algunos casos se han señalado a *B. melitensis* y menos frecuentemente a *B. suis* como agentes causales asociados con la enfermedad en bovinos (Constable et al., 2017).

Las especies de *Brucella* son bacterias intracelulares que forman vacuolas dentro de la célula huésped para aislar la bacteria de los lisosoma, lo que por un lado le permite evadir la fagocitosis y así evitar su eliminación por parte del sistema inmunológico del huésped y, por el otro lado, forma un microambiente propicio para su supervivencia, reproducción y replicación, permitiendo su permanencia dentro de las células hospederas durante mucho tiempo, lo que favorece la ocurrencia de una infección persistente crónica (Jiao et al., 2021).

Los hembras infectadas por *B. abortus* presentan problemas de infertilidad, caracterizada por endometritis, retención de membranas fetales, la cual puede provocar nacimiento de terneros débiles, disminución de la producción de leche, disminución de la fertilidad y aborto (Khairullah et al., 2024). En los machos se puede presentar orquitis y epididimitis, la fase inflamatoria aguda de las vesículas seminales es seguida por una fase crónica con endurecimiento fibrinoide, se observan áreas necróticas encapsuladas por tejido fibroso haciendo que los testículos se hagan más pequeños y en algunos casos, ocurre la producción de una lesión blanda que contiene un exudado purulento (Khurana et al., 2021).

Aunque en varios países, que incluyen Australia, Nueva Zelanda, Canadá, Japón y 16 estados miembros de la Unión Europea (UE), se han hecho importantes avances en el control y erradicación de la enfermedad, en otras regiones del mundo, esta sigue siendo un problema no solo para la salud de animales sino también humana, tal como se

evidencia por valores de seroprevalencia del 34% en Turquía, mientras que en Grecia, Italia, Portugal, España y el Reino Unido, los valores fueron significativamente menores (0,97%, 0,51%, 0,19%, 0,07% y 0,09%, respectivamente) en el 2012 (Constable et al., 2017).

De acuerdo con Bonilla-Aldana et al. (2023), en Latinoamérica e islas del Caribe, la prevalencia total de brucelosis es del 4.0%, sin embargo, se observaron amplias variaciones por región y país, siendo mayor en la región de Centroamérica y el Caribe (8%) frente a un 4.0% en Suramérica.

En Ecuador, Garrido-Haro et al. (2023) señalaron que la prevalencia aparente de brucelosis bovina a nivel de rebaño fue de 21,3% mientras que a nivel de animal fue de 6,2%, e indicaron entre los factores de riesgo más importantes la superficie por rebaño > 70 ha y el número de partos por animal (dos o más partos), mientras que la zona geográfica podía disminuir la probabilidad de ocurrencia de la enfermedad, siendo la región del Oriente donde se observó menor prevalencia y la ausencia de signos clínicos reportados.

Estos resultados demuestran la importancia de realizar estudios en el país de manera de establecer bases para el manejo de los factores de riesgo de la brucelosis bovina en Ecuador. Por ello, en la presente investigación se realizó un estudio retrospectivo de la brucelosis en las diferentes provincias en el período 2015-2023 con el fin de identificar diferencias en la prevalencia de brucelosis bovina por región y provincia en el Ecuador.

- ✓ Comparar y determinar fluctuación de notificaciones de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) por región.
- ✓ Establecer la dinámica evolutiva de la brucelosis bovina (*Brucella abortus*) desde el 2015 al 2023 en el Ecuador.

1.2. Justificación

La brucelosis bovina es una enfermedad zoonótica de importancia a nivel mundial debido a las consecuencias tanto en la salud pública como en la economía, especialmente en países en desarrollo de América Latina, África, Asia donde las prácticas de control y erradicación son ineficaces. Por el contrario, en países desarrollados, la prevalencia de la brucelosis bovina ha disminuido de forma significativa gracias a la implementación de programas de control y erradicación que incluyen vacunación, pruebas diagnósticas regulares y el sacrificio de animales infectados, sin embargo, el comercio internacional de animales y productos animales continúan representando un riesgo para la reintroducción de la enfermedad en estas áreas.

En consideración al Ecuador, la brucelosis bovina es un problema que afecta significativamente la producción ganadera, cuya prevalencia puede variar entre regiones, siendo más alta en áreas con prácticas ganaderas menos desarrolladas y menor acceso a recursos para el control de la enfermedad. El impacto económico de esta enfermedad en la actividad ganadera ecuatoriana abarca desde la reducción en la producción de leche y carne hasta la generación de costos asociados al tratamiento y sacrificio de animales infectados, lo cual, en conjunto representan una carga económica significativa para los ganaderos.

Bajo este contexto, el estudio retrospectivo de la prevalencia de la brucelosis bovina es crucial pues permite analizar los datos históricos para identificar patrones y tendencias en la prevalencia de brucelosis, lo cual es esencial para comprender cómo ha evolucionado la enfermedad en el tiempo y en diferentes regiones del país, proporcionando una base sólida para la planificación de futuras intervenciones. Esto sirve de base para la identificación de los factores de riesgo asociados con la aparición y propagación de la brucelosis y la evaluación de la efectividad de las estrategias de control y prevención implementadas para así determinar cuál es la efectividad de los enfoques usados en el control de la enfermedad con el fin de fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica.

Así, dentro del contexto ecuatoriano, la justificación para abordar la brucelosis bovina se basa en la necesidad de mejorar la productividad del sector ganadero y proteger la

salud pública, basada en la implementación de programas de vacunación efectivos, el fortalecimiento de la infraestructura diagnóstica y la educación y capacitación de los ganaderos. Además, la cooperación entre el gobierno, el sector privado, el sector académico y las organizaciones internacionales es fundamental para desarrollar e implementar un plan integral y sostenible de control y erradicación de la brucelosis bovina.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Evidenciar la prevalencia de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) en el Ecuador desde los años 2015-2023

1.3.2. Específicos

- ✓ Identificar la mayor prevalencia de casos de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) por región y provincia en el Ecuador.
- ✓ Comparar y determinar fluctuación de notificaciones de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) por región.
- ✓ Establecer la dinámica evolutiva de la brucelosis bovina (*Brucella abortus*) desde el 2015 al 2023 en el Ecuador.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

A nivel mundial existen numerosos estudios sobre la prevalencia de brucelosis en ganado bovino.

En Etiopía Demissie et al. (2024) realizaron un estudio para determinar la seroprevalencia usando la prueba de placa de rosa de Bengala (RBPT), así como los factores de riesgo de la brucelosis bovina en hembras de ganado cebú criados en un sistema de manejo convencional. Se observó que los valores de prevalencia variaron desde 2,8 % a 11,3 % a nivel animal y nivel de rebaño, respectivamente, mientras que los factores de riesgo estuvieron asociados con el tamaño del rebaño, la introducción de nuevos animales, la ubicación geográfica de la finca, el historial de abortos y la retención de membranas fetales, tanto a nivel individual como de rebaño. Adicionalmente, se observó mayor seroprevalencia de la enfermedad en vacas que en novillas y en animales mayores de 4 años, así como en rebaños mantenidos en zonas bajas. Estos resultados demuestran una condición de endemismo de la brucelosis en las zonas pastoriles y agro pastoriles en Etiopía, lo que, por un lado, puede ser responsable de pérdidas económicas en la productividad en la actividad ganadera de la zona, y por el otro lado, representa una potencial amenaza para la salud pública. Los resultados del estudio también.

En un estudio realizado en diferentes zonas agroecológicas en Benín con el objetivo de evaluar los conocimientos y prácticas de los ganaderos en relación con la brucelosis bovina que sirvan de base para el desarrollo de programas de control y las intervenciones de salud pública, Djibril et al. (2024) demostraron que, en general, un bajo porcentaje de los ganaderos (38%) tenían conocimiento sobre la brucelosis, sin embargo, los productores de la etnia Dendi (62,16%) mostraron tener un mejor conocimiento de la enfermedad que otros grupos (Somba: 50%, Fulani: 40,91%, Baribas: 26,97% y otros: 8,82%), quienes señalaron que los principales problemas asociados con la enfermedad fueron la reducción en la producción de leche (98,29%), la presencia de higroma (87,18%) y el aborto (56,84%). Entre las formas de enfrentar el problema de esta enfermedad, la mayoría prefería tratar a los animales con medicamentos tradicionales y/o modernos en lugar de venderlos, mientras que un pequeño grupo dijo desconocer los factores de riesgo y prefería vender los animales

en caso de enfermedad. Como parte de las conclusiones, los autores resaltaron la necesidad de concientizar a los ganaderos sobre la forma de transmisión de la brucelosis bovina, sus síntomas e impacto en la salud animal y humana.

Idrees et al. (2024) desarrollaron una revisión sistemática en el período 1897-2022 para resaltar la importancia de la brucelosis y la necesidad de búsqueda de soluciones efectivas teniendo en cuenta las variables zoonóticas y los puntos de vista epidemiológicos basándose en la comprensión del origen de la enfermedad y los patrones de transmisión. Por otra parte, de acuerdo con la revisión, se pone en resalte la necesidad de realizar un diagnóstico apropiado de los síntomas en humanos y los animales. Entre las posibles soluciones se indica la necesidad de la adopción de medidas preventivas y de tratamientos integrales que incluyen la vacunación como medida preventiva, además de propiciar la investigación para generar soluciones que puedan ser apoyadas por los tomadores de decisiones a nivel de gobierno. En esta revisión se muestra una perspectiva sobre las implicaciones de la brucelosis bovina para la salud pública, haciendo hincapié en la necesidad de intervenciones específicas y medidas preventivas.

Getahun et al. (2023) realizaron un estudio para determinar la seropositividad e identificar los posibles factores de riesgo de brucelosis en vacas lecheras con casos recientes de aborto en zonas altas de Etiopía desde diciembre de 2019 hasta mayo de 2020. A partir del análisis de 352 muestras, se encontró valores de positividad serológica para brucelosis bovina en un 1,2% de las muestras usando la prueba de placa de rosa de Bengala (RBPT), mientras que la confirmación mediante la prueba de fijación del complemento (CFT) mostró apenas un 0,6%. Entre los factores de riesgo para la brucelosis bovina confirmada se incluyeron la etapa tardía del aborto, la retención de membranas fetales y el reemplazo de ganado en el mercado. Los resultados de este estudio demostraron una baja prevalencia de brucelosis en vacas en el área de estudio, sin embargo, es importante mantener sistemas de monitoreo dada la posibilidad de infección en el ganado lechero y la población humana, por la falta de estrategias de control en el área.

Warioba et al. (2023) hicieron un estudio retrospectivo con el objetivo de estimar la seroprevalencia y los factores de riesgo asociados con la brucelosis en granjas comerciales de ganado en la zona costera oriental de Tanzania para lo cual se tomaron

1.052 muestras de suero en 20 granjas comerciales, las cuales fueron analizadas mediante la prueba de placa de rosa de bengala (RBPT) y al ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas indirecto (i-ELISA). Según i-ELISA, la seroprevalencia a nivel animal fue del 25,9%, mientras que el análisis de regresión logística mostró que la mayor probabilidad de infección se observó en hembras y animales jóvenes y durante la estación húmeda, en el ganado criado en granjas rurales, en el ganado criado en áreas sin contacto con la fauna silvestre y en granjas de tamaño mediano. Estos resultados demuestran que la prevalencia de la brucelosis bovina en las granjas comerciales en la zona en estudio representa un problema de salud pública para la comunidad, por lo que los autores sugieren la adopción de un enfoque de una salud para el control eficaz de la brucelosis.

Aparte de los estudios sobre brucelosis a nivel del ganado bovino, también existe información disponible sobre casos de brucelosis a nivel de humanos.

De acuerdo con Khurana et al. (2021), la dispersión de la brucelosis en nuevas áreas junto con su potencial de transmisión a partir de animales salvajes y domésticos representan un desafío desde el punto de vista epidemiológico, puesto que esta enfermedad zoonótica representa una seria amenaza para la salud pública por el consumo de leche y productos lácteos no pasteurizados producidos por granjas lecheras ubicadas en zonas endémicas y que no guardan las condiciones mínimas de higiene. De acuerdo con los autores, es necesario realizar vigilancias regulares y meticulosas para determinar la prevalencia exacta de la brucelosis, en áreas con altos niveles de ocurrencia y en zonas no endémicas con alto niveles de movimiento de animales y comercio de productos animales. Con relación al control de la enfermedad, aunque las cepas 19 y RB51 son las más ampliamente usadas, es importante señalar que no existe ninguna vacuna que sea completamente segura y eficaz, ni en bovinos ni en humanos, por lo que las estrategias preventivas de su dispersión basado en un diagnóstico seguro resultan preponderantes. Así, recientemente el uso de los microARN ha mostrado ser eficiente en la detección adecuada de la infección por *B. abortus*.

Varikkodan et al. (2024) estudiaron la epidemiología de la brucelosis a partir de un estudio retrospectivo en 346 pacientes con una edad promedio de 39,6 años y que habían sido diagnosticados con la enfermedad, de los cuales 120 pacientes tenían

antecedentes de consumo de leche cruda y 116 tenían antecedentes de contacto con animales. Entre los síntomas que se observaron con mayor frecuencia están la fiebre (89,9%) y la mialgia (56,6%), mientras que el valor de la proteína C reactiva fue el hallazgo de laboratorio observado con mayor frecuencia. Así mismo, otros resultados interesantes se refirieron al incremento en los valores de las enzimas alanina aminotransferasa y aspartato aminotransferasa en el 39,6% y el 37% de los pacientes, respectivamente, el 72,8% de los casos resultaron en un hemocultivo positivo, mientras que el 72,5% y el 73,1% de los pacientes mostraron valores positivos en cuanto al título de anticuerpos de inmunoglobulina G de Brucella y el de anticuerpos de inmunoglobulina M. Ente los síntomas más comunes asociados, el 21,4% presentó afectación focal y afectación osteoarticular (11,6%). Con base en estos resultados, se concluye que la brucelosis humana continúa siendo un problema de salud pública en Qatar dados los niveles de morbilidad producida, por lo que, de acuerdo con los autores, se deben tomar medidas preventivas y de educación para crear conciencia en la población, de manera de reducir la prevalencia de la enfermedad y sus consecuencias.

En un estudio retrospectivo conducido por Kazak et al. (2016) para determinar las características clínicas y de laboratorio de 164 pacientes diagnosticados con brucelosis con edades entre 15 y 85 años en Turquía. Del total de pacientes, se encontró seropositividad a brucelosis en 163 pacientes (99.4%), de los cuales el 74.4% (122 pacientes) fue diagnosticado con brucelosis aguda, 18,9% (31 pacientes) con brucelosis subaguda y 6,7% (11 pacientes) con brucelosis crónica. Se encontró afectación focal en 101 (61,6%) pacientes, quienes presentaron un mayor recuento de glóbulos blancos, mientras que los pacientes sin afectación focal mostraron mayores niveles de la aspartato transaminasa y la alanina transaminasa con valores bajos de plaquetas. Entre otros hallazgos relacionados con la enfermedad, se observó espondilodiscitis en las imágenes en el 66,7% de los 87 pacientes que presentaron dolor de espalda y afortunadamente se observó una respuesta positiva al tratamiento en el 66.9% de los 118 pacientes examinados después del primer mes de tratamiento, mientras que la tasa de recaída fue del 11,6% entre los 164 pacientes.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

El trabajo de investigación se basó en un estudio retrospectivo de la prevalencia de brucelosis bovina en las diferentes provincias del Ecuador desde los años 2016 hasta el 2023.

3.2. Equipos y materiales

- Computador
- Base de datos proporcionados por la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario
- Hojas
- Esferos
- Marcador

3.3. Tipo de investigación

De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el estudio retrospectivo es un tipo de estudio transeccional correlacional-causal, el cual describe la relación entre las variables dependientes en un momento determinado, ya sea en términos correlacionales, o en función de la relación causa-efecto.

3.4. Prueba de Hipótesis

H_0: La prevalencia de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) en el Ecuador es igual en el período en estudio

H_1: La prevalencia de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) en el Ecuador muestra diferencias durante el período en estudio

3.5. Población o muestra

Se analizó un total de 1279 casos de brucelosis bovina reportados de acuerdo con los registros de la Agencia de Regulación y Control Fito Zoosanitaria – AGROCALIDAD desde el 2016 a 2023, sin embargo, el año 2015 no pudo ser incluido debido a que no existieron registros para ese año.

3.6. Recolección de información:

La información fue recolectada a partir de la base de datos proporcionada por la Agencia de Regulación y Control Fito Zoosanitaria – AGROCALIDAD desde los años 2016 – 2023.

1.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico:

El estudio sobre la prevalencia de brucelosis bovina en el Ecuador fue hecho a través del análisis de los datos mediante estadística descriptiva usando el paquete estadístico SPSS. Se establecieron relaciones entre la prevalencia de la enfermedad y los años, meses de mayor prevalencia y localización geográfica (provincias) durante el período de estudio (Quevedo Ricardi, 2011).

1.8. Variables respuesta o resultados alcanzados

Se evaluaron las posibles diferencias en los porcentajes de prevalencia de *Brucella abortus* a través de los años de estudio, variaciones en los meses del año, provincias que conforman el Ecuador, así como las regiones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Prevalencia y fluctuaciones de los casos de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) por región y provincia en el Ecuador

De acuerdo con la comparación de la media de prevalencia entre las diferentes regiones del país, se observaron variaciones entre las provincias de las regiones Sierra y Oriente con respecto a la región Costa, aunque no se detectaron diferencias significativas entre ellas (p= 2,371; F= 0. 119; g.l.= 2) (Fig. 1). En conjunto, las regiones Sierra y Oriente mostraron los más altos porcentajes de prevalencia, con promedios de 15.80 y 15.87 %, respectivamente, mientras que en la Región Costa el porcentaje promedio alcanzó valores de 10.53%.

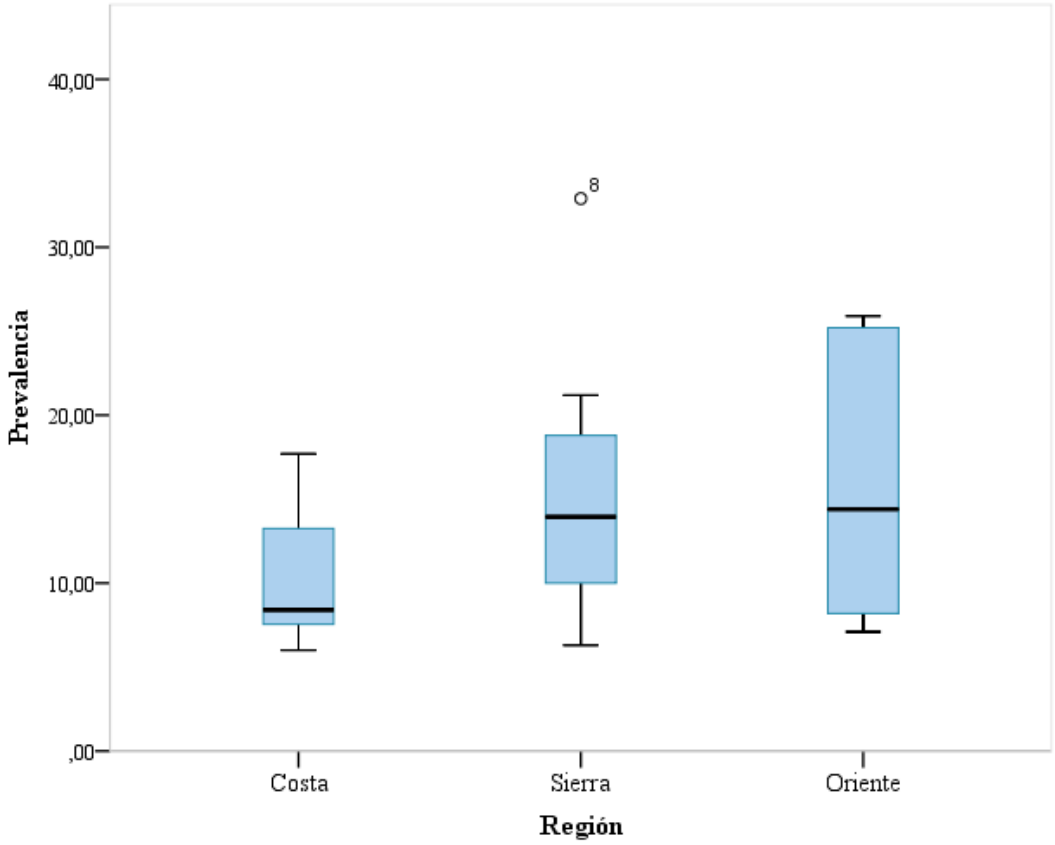

Figura 1

Diagrama de bigotes mostrando las variaciones en el porcentaje de prevalencia entre las regiones Costa, Sierra y oriente durante el período 2016-2023

Cuando se analizaron las provincias por cada región, en las provincias de la Costa, la prevalencia varió desde 6.0% en la provincia de Santa Elena con un solo caso reportado en julio de 2016 hasta 15.2% en Guayas con 19 casos reportados desde 2016 al 2023 (Fig. 2). En cuanto a la región Sierra, se observó una variación más amplia de los niveles de prevalencia, oscilando entre 7.8% en la provincia del Carchi con 117 casos reportados hasta 29.6% en la provincia de Loja, mientras que en la región Oriente la seroprevalencia varió desde 6.8% en Morona Santiago hasta 22.9% en la provincia de Napo (Fig. 2).

Los resultados encontrados en el presente estudio demuestran que la brucelosis es un problema zoosanitario presente en gran parte de los rebaños de ganado bovino en Ecuador, principalmente en las provincias de la Sierra y Oriente. De acuerdo con Román-Cárdenas y Luna-Herrera (2017), durante el período 2006-2015, en Ecuador se registraron 6.806 casos de brucelosis por *Brucella abortus*, principalmente en las provincias de Pichincha (2207 casos) y Carchi (993 casos), que presentan el 32.4 y 14.6% de los casos a nivel nacional. Estos hallazgos muestran cierta similitud con los obtenidos en la presente investigación puesto que, en ambos casos, se encontró mayor prevalencia en provincias de la zona Sierra.

Por otra parte, nuestros resultados son diferentes a los mostrados por Garrido-Haro et al. (2023), quienes demostraron que la mayor prevalencia fue observada en las regiones Costa y en la Sierra con 22.3 y 23.7% de prevalencia, respectivamente, mientras que en la región Oriente la prevalencia fue de 8.8%. Esta diferencia podría ser debida al período de estudio, pues la investigación de Garrido-Haro et al. (2023) abarcó datos del 2017, mientras que en la presente investigación de usaron datos desde 2016 al 2023.

El clima es un factor determinante en la distribución tanto de los vectores como de los organismos patógenos y los estudios sobre el tema han demostrado que existen fuertes asociaciones entre la variabilidad climática, el cambio climático y las enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes, tales como leishmaniasis, mal de Chagas, toxocariasis y brucelosis, las cuales representan problemas de salud pública en muchas áreas del mundo, desde las áreas altamente endémicas hasta las de áreas menos endémicas (Rodriguez-Morales, 2013).

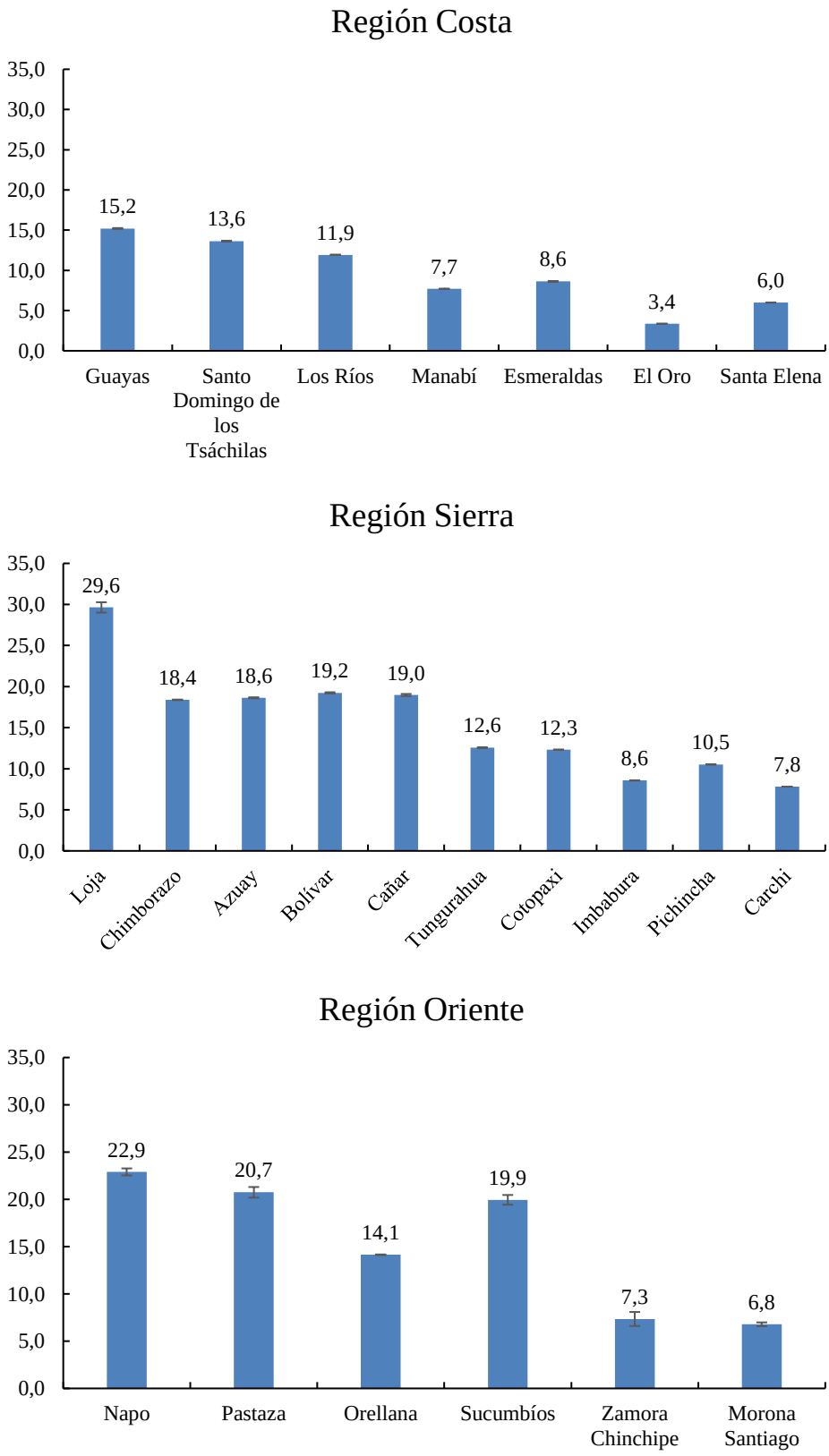

Figura 2

Evolución histórica de la prevalencia de brucelosis bovina en las regiones Costa, Sierra y Oriente durante el período 2016-2023

Estos resultados mostraron diferencias significativas en los niveles de prevalencia por provincia, siendo significativamente más altas en las provincias de Loja, Napo, Pastaza, Sucumbíos, Bolívar, Cañar, Azuay y Chimborazo, en las cuales se reportaron valores entre 18.39 y 29.64% (Tabla 1, Fig. 4). Seguidamente, se encuentran las provincias Guayas, Orellana y Santo Domingo de los Tsáchilas con 15.21%, 14.4% y 13.64%, respectivamente.

Tabla 1

Variación de la prevalencia de brucelosis bovina en las diferentes provincias del Ecuador durante el período 2016-2023

Provincia	N° de casos reportados	Prevalencia
Loja	8	29.64 ± 0.629 a
Napo	20	22.90 ± 0.369 a
Pastaza	9	20.74 ± 0.562 a
Sucumbíos	8	19.94 ± 0.029 a
Bolívar	16	19.24 ± 0.060 a
Cañar	11	18.98 ± 0.0523 a
Azuay	19	18.64 ± 0.074 a
Chimborazo	72	18.39 ± 0.031 a
Guayas	24	15.21 ± 0.124 b
Orellana	27	14.14 ± 0.015 b
Santo Domingo de los Tsáchilas	78	13.64 ± 0.011 b
Tungurahua	81	12.56 ± 0.009 c
Cotopaxi	133	12.32 ± 0.036 c
Los Ríos	19	11.93 ± 0.515 c
Pichincha	333	10.52 ± 0.018 c
Esmeraldas	49	8.63 ± 0.002 d
Imbabura	61	8.58 ± 0.009 d
Carchi	196	7.82 ± 0.013 d
Manabí	85	7.71 ± 0.739 d
Zamora Chinchipe	4	7.34 ± 0.205 d
Morona Santiago	10	6.78 ± 0.006 d
Santa Elena	1	6.00 ± 0.004 d
El Oro	14	3.37 ± 0.0000 e

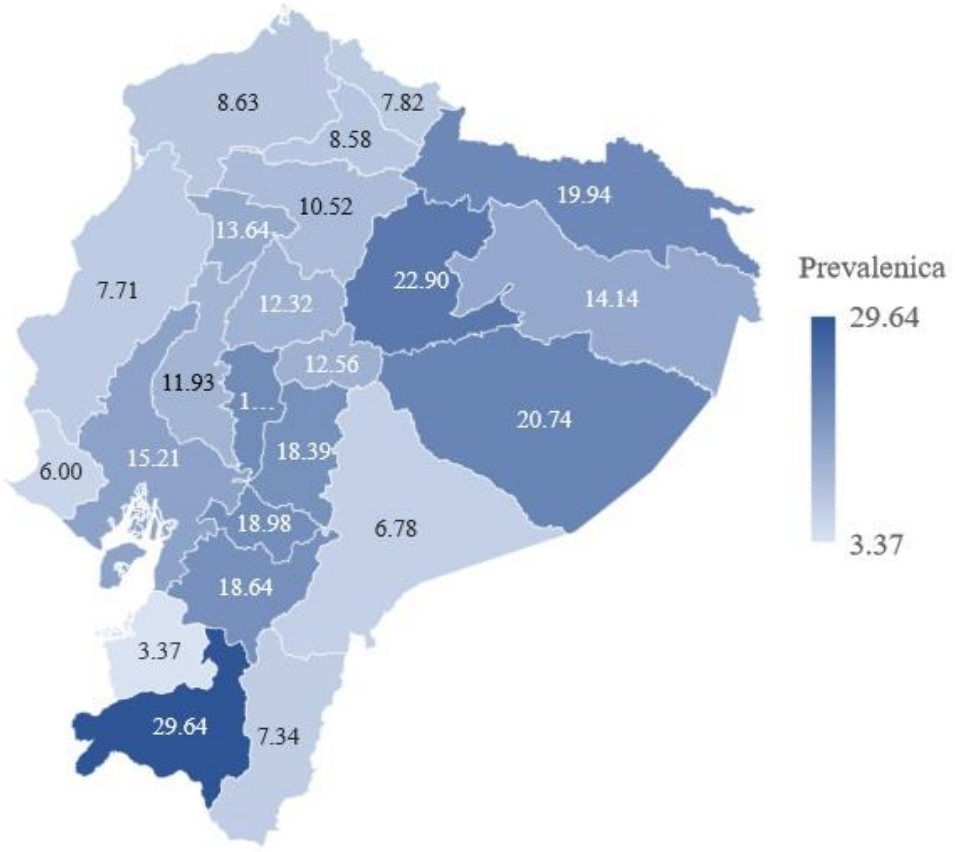

Figura 3

Mapa mostrando la prevalencia de brucelosis bovina en las diferentes provincias del Ecuador en el período 2016-2023

Otros tres grupos con menor porcentaje de prevalencia fueron diferenciados, el primero estuvo conformado por tres provincias de la zona Sierra y una provincia de la Costa. Entre las provincias de la Sierra se encontraron a Tungurahua, Cotopaxi y Pichincha las cuales presentaron valores de prevalencia 12.56%, 12.32% y 10.52%, mientras que en Los Ríos se verificó un 11.93%. En el siguiente grupo se incluyeron a Esmeraldas (8.63%), Imbabura (8.58%), Carchi (7.82%), Manabí (7.71%), Zamora Chinchipe (7.34%), Morona Santiago (6.78%) y Santa Elena con un único caso que representó 6.00%. Finalmente, en la provincia El Oro se verificó una prevalencia de apenas 3.37%, el cual es mucho menor que el promedio nacional.

4.2. Dinámica evolutiva de la brucelosis bovina (*Brucella abortus*) desde el 2016 al 2023 en el Ecuador

La brucelosis bovina en el Ecuador mostró amplias variaciones a través de los años desde 2016 al 2023, pero no se detectaron diferencias significativas (p= 0.131; F= 1.602, g.l. =7). En el año 2016, el porcentaje nacional de prevalencia se ubicó en 14.75% que tendió a disminuir hasta el 2018 cuando se ubicó en 7.51%, lo que representó una variación de -9% y -44% con relación a los dos años previos. Posteriormente, se observó un importante incremento que alcanzó un 13.84% en el 2019, con una variación interanual de 84% y nuevamente se observó una disminución a 11.36% en 2020 y 8.84% en el 2021, lo que representó una variación interanual de -18 y -22%, respectivamente. En 2022 se observa un repunte del número de casos con una variación interanual de 45% y en 2023 un ligero descenso de la prevalencia para ubicarse en 12.38% (Fig. 4).

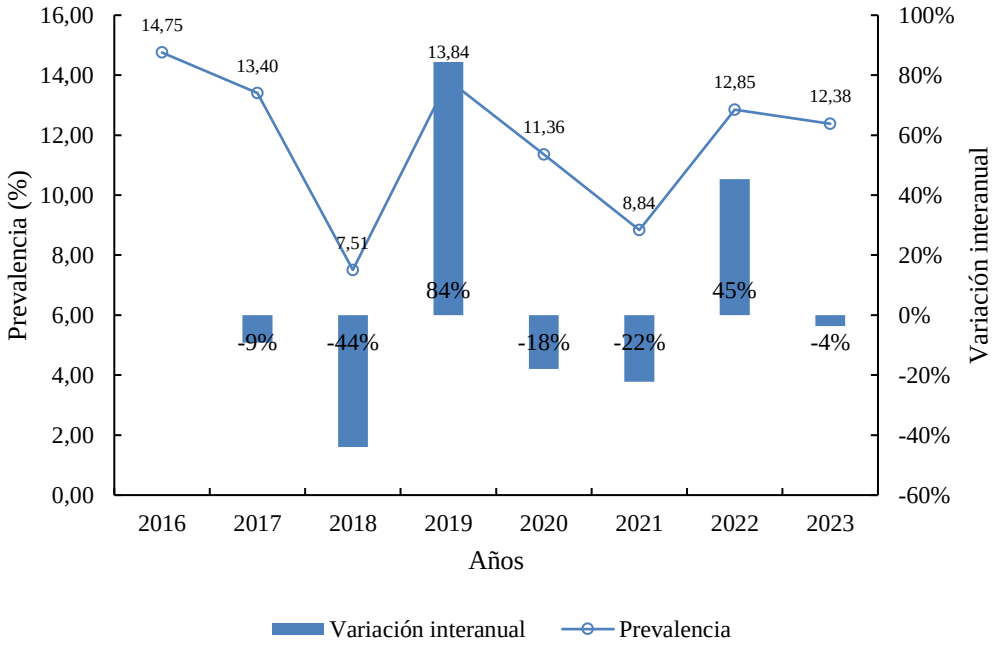

Figura 4

Dinámica de la evolución de la brucelosis bovina en Ecuador en el período 2016-2023

En general, los máximos porcentajes de prevalencia oscilaron entre 16.3% y 31.9%, excepto con un repunte importante observado en el 2022, cuando alcanzó 52.0%, mientras que los valores mínimos oscilaron entre 2.0% y 5.6% durante el período de estudio (Fig. 5).

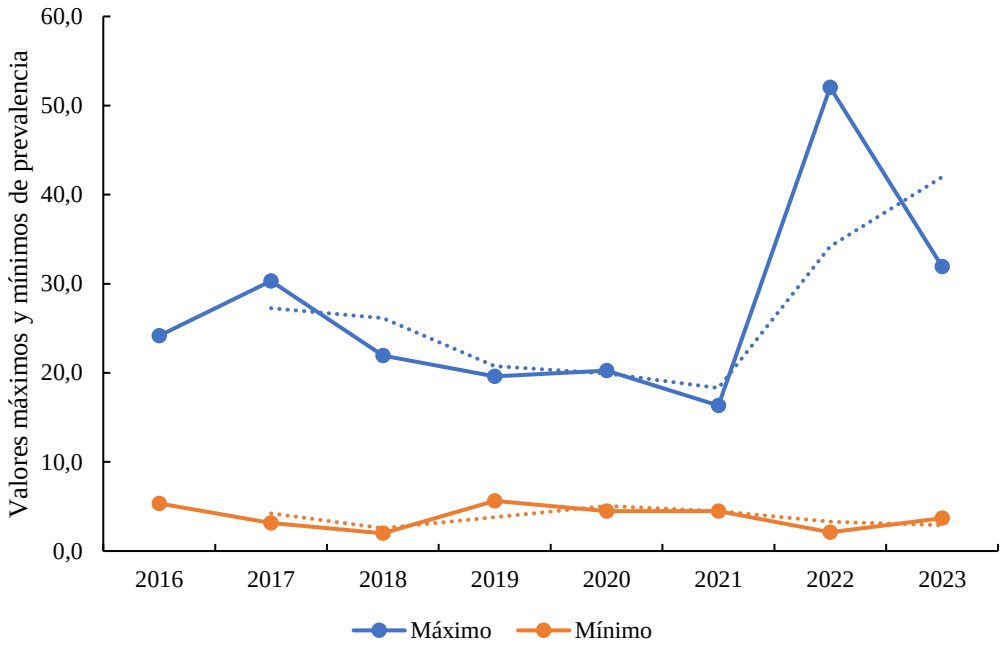

Figura 5

Valores máximos y mínimos de la prevalencia de brucelosis bovina en Ecuador en el período 2016-2023

Estas variaciones también fueron analizadas mes a mes durante los años de estudio, observándose que en general, la prevalencia de brucelosis bovina se mantuvo entre rangos de 20.0% a 30.0% como valores máximos y entre 2.0% y 5.6% como valores mínimos. Aunque no se detectó una tendencia estadísticamente significativa, en la mayoría de los años en estudio, se observaron dos picos de incremento de la prevalencia; el primer pico se desarrolló durante los primeros meses del año, principalmente entre abril y junio, mientras que el segundo pico se observaba a partir del mes de agosto (Figs. 6 y 7).

En el 2016, la prevalencia fue alta en enero, pero tendió a disminuir hasta mayo cuando experimentó un incremento que se mantuvo hasta el final del año. En el 2017, los valores estuvieron alrededor del 10% desde enero hasta julio, mostrándose un claro incremento en agosto y, aunque tendió a disminuir a partir de septiembre, los porcentajes de prevalencia fueron mayores que en el primer semestre del año (Fig. 6).

En el 2018, similar a lo observado en el año precedente, el porcentaje de prevalencia fue bajo durante enero a abril (4.0-6.0%), con un importante incremento en el mes de mayo cuando alcanzó 21.9% de prevalencia y, entre junio-julio tendió a disminuir para posteriormente mostrar un incremento sostenido hasta el mes de diciembre. En 2019

se observó una tendencia diferente al 2018, pues la prevalencia fue más alta a lo largo del año con una tendencia a disminuir desde el segundo semestre (Fig. 6).

En 2020 nuevamente se observaron dos picos bien diferenciados, el primero entre abril y mayo con valores promedio entre 18.0 y 18.6% y el segundo pico entre agosto y octubre con valores de 20.3% y 16.4%, respectivamente. En 2021, se observó un comportamiento similar al 2019, puesto que la prevalencia se mantuvo relativamente baja y constante a lo largo del año con ligeros repuntes en febrero y octubre-noviembre (Fig. 7).

Finalmente, en los años 2022 y 2023, el comportamiento fue un poco más atípico puesto que, se observaron picos relativamente altos durante el segundo semestre, alcanzando 52.0% de prevalencia en diciembre de 2022 y 31.9% en septiembre de 2023 (Fig. 7).

Tal como se evidenció en varios estudios, las variaciones en las condiciones climáticas en las distintas estaciones del año pueden afectar varios aspectos epidemiológicos de las enfermedades infecciosas, por lo tanto, estos factores climáticos sirven como criterio para pronosticar la aparición de brotes de enfermedades en períodos de semanas a meses (Morin et al., 2018; Xiang et al., 2018).

Similares variaciones fueron observadas en los casos de brucelosis humana en el norte de China durante 2005 al 2018 puesto que las curvas epidemiológicas mostraron un pico estacional en la incidencia entre abril y julio, con la mayor incidencia en mayo, lo cual estuvo correlacionado con las horas-luz, la evaporación pero principalmente por los cambios de temperatura, pues este factor climática ha demostrado tener un mayor impacto en las epidemias de brucelosis que otros factores climáticos (Liu et al., 2020).

El aumento de la temperatura tiene un efecto directo pues provoca el incremento de la tasa de desarrollo y replicación de *Brucella* spp. dentro del huésped y un efecto indirecto puesto que aumenta la frecuencia de exposición de animales susceptibles y humanos (Li et al., 2013). De acuerdo con Liu et al. (2020), la transmisión y persistencia de *Brucella* spp. puede aumentar con la temperatura, la cual mostró un efecto acumulativo máximo a 15,2 °C en 4 meses.

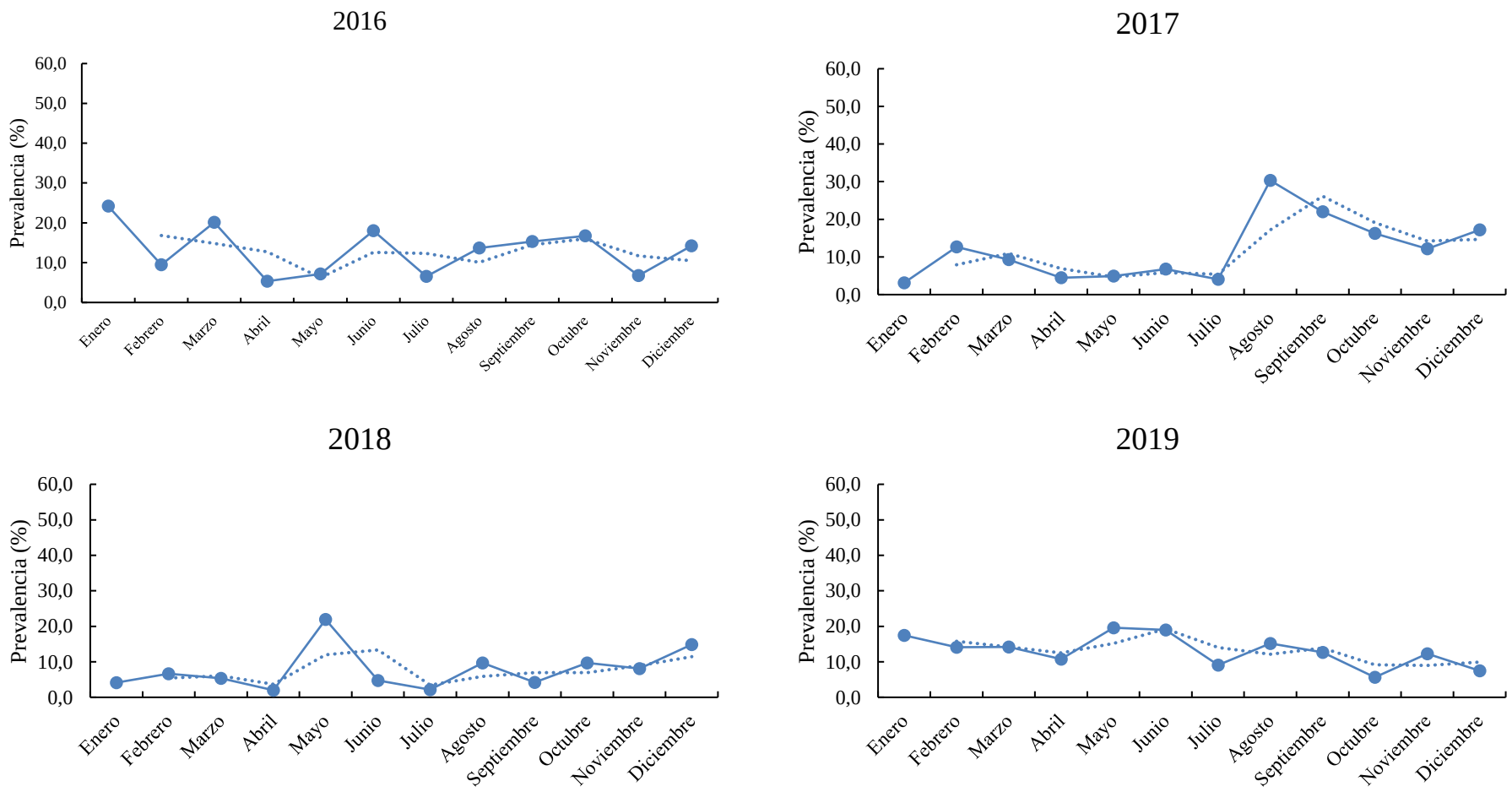

Figura 6

Fluctuaciones de la prevalencia de brucelosis bovina de enero a diciembre de los años 2016 al 2019

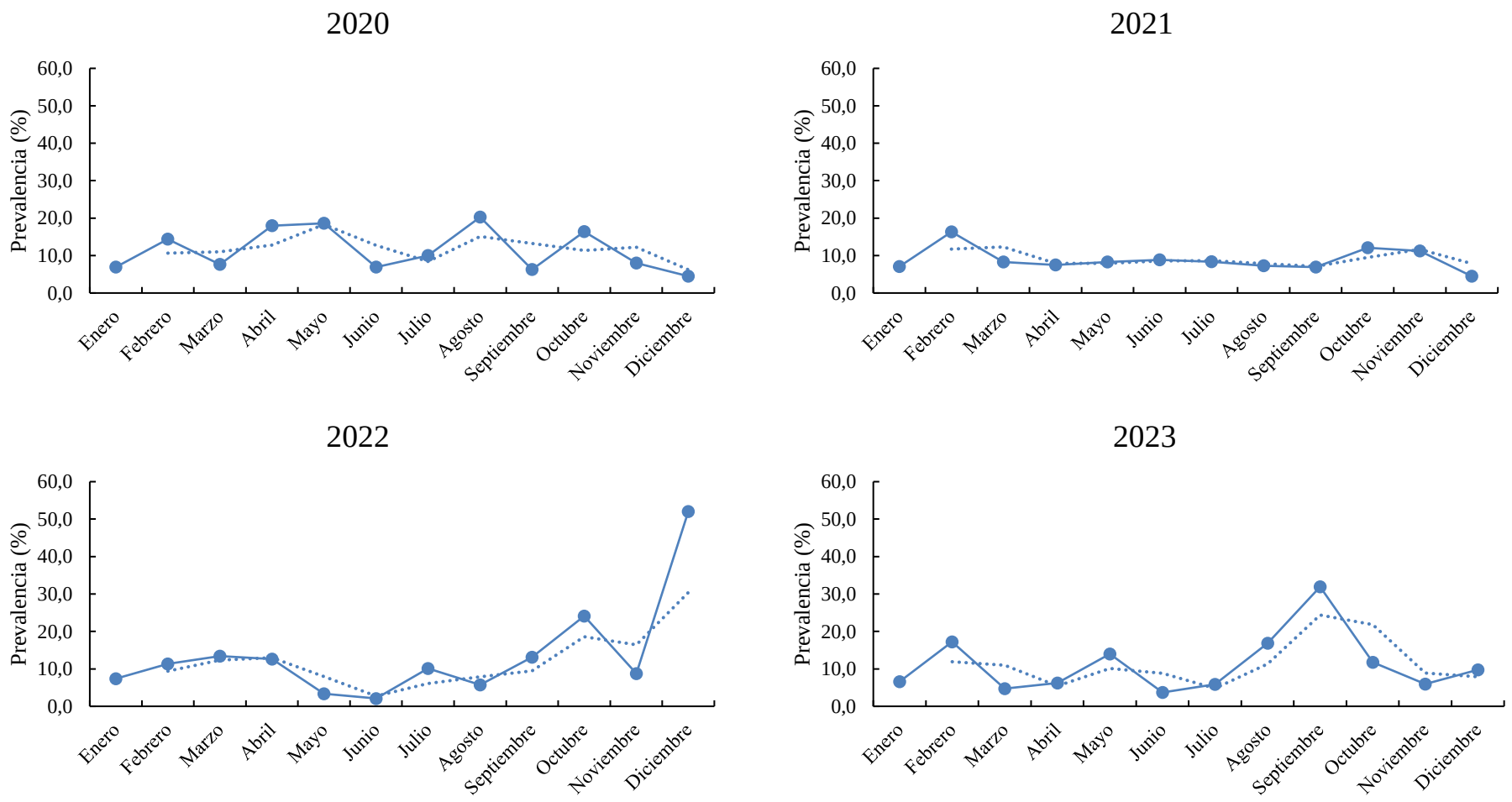

Figura 7

Fluctuaciones de la prevalencia de brucelosis bovina de enero a diciembre de los años 2020 al 2023

De manera similar, Faramarzi et al. (2019) encontraron que la mayor tasa de incidencia de brucelosis estuvo correlacionada con la mayor altitud sobre el nivel del mar, puesto que las ciudades del norte de la provincia de Fars en Irán, ubicadas a una mayor altitud y una temperatura más baja, favorecía la supervivencia y reproducción de la bacteria. Esto podría explicar por qué las provincias de la sierra ecuatoriana muestran los más altos valores de prevalencia que el resto de las zonas del país.

Otros resultados fueron presentados por Chen et al. (2023) quienes detectaron una alta incidencia de brucelosis en primavera y verano. Estos autores consideran que estos resultados se deben a que *Brucella* es una bacteria estrechamente asociada con la cría de animales, que se multiplica más rápido y es biológicamente más activa en la estación cálida que en la estación fría y, además, señalan que la inmunidad del ganado bovino se disminuye debido a que en esa época su tasa de alimentación disminuye, aumentando el riesgo de adquirir brucelosis.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1.Conclusiones

En consideración de la prevalencia en cada región del Ecuador, se encontró una mayor prevalencia en las zonas Sierra y Oriente, mientras que el menor porcentaje de incidencia de brucelosis fue verificado en la Costa. Con relación a la prevalencia por provincias de cada región, en la Costa, la mayor prevalencia fue detectada en Guayas, mientras que, en la Sierra, el mayor valor fue en Loja y en el Oriente fue mayor en la provincia de Napo.

Se demostraron diferencias en los niveles de prevalencia por provincia, siendo significativamente más altas en las provincias de Loja, Napo, Pastaza, Sucumbíos, Bolívar, Cañar, Azuay y Chimborazo, seguidas de las provincias Guayas, Orellana y Santo Domingo de los Tsáchilas. Mientras que en Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha y Los Ríos se encontraron valores intermedios y los valores más bajos fueron observados Esmeraldas, Imbabura, Carchi, Manabí, Zamora Chinchipe, Morona Santiago y Santa Elena, con el mínimo valor en la provincia El Oro, con un valor mucho más bajo que el promedio nacional

La brucelosis bovina en el Ecuador mostró amplias variaciones entre los años 2016 al 2023, con valores de 14.75% en el 2016, el cual tendió a disminuir hasta el 2018 con una variación de hasta -44% con relación a los dos años previos, mientras que en 2019 se observó un incremento con una variación de 84%, después de lo cual disminuyó hasta el 2021 y un ligero repunte en el 2022. Estos resultados sugieren la relación de la prevalencia de la brucelosis con varios aspectos climatológicos y de manejo.

5.2.Recomendaciones

Basados en los resultados se sugiere realizar estudios similares en los que se analicen los valores de prevalencia con los factores de riesgo de la brucelosis de manera de que estos sean tomados en cuenta para desarrollar planes de manejo de la enfermedad de acuerdo con las condiciones reales de la ganadería de cada región (Costa, Sierra y Oriente) en el Ecuador.

5.3. BIBLIOGRAFÍA

Bonilla-Aldana, D. K., Trejos-Mendoza, A. E., Pérez-Vargas, S., Rivera-Casas, E., Muñoz-Lara, F., Zambrano, L. I., Arteaga-Livias, K., Ulloque-Badaracco, J. R., Alarcon-Braga, E. A., Hernandez-Bustamante, E. A., Al-kassab-Córdova, A., Benites-Zapata, V. A., y Rodriguez-Morales, A. J. (2023). A systematic review and meta-analysis of bovine brucellosis seroprevalence in Latin America and the Caribbean. *New Microbes and New Infections*, *54*, 101168.

Chen, H., Lin, M. X., Wang, L. P., Huang, Y. X., Feng, Y., Fang, L. Q., Wang, L., Song, H. Bin, y Wang, L. G. (2023). Driving role of climatic and socioenvironmental factors on human brucellosis in China: machine-learning-based predictive analyses. *Infectious Diseases of Poverty*, *12*, 1–14.

Constable, P. D., Hinchcliff, K. W., Done, S. H., y Gruenberg, W. (2017). *Veterinary Medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats* (11ava Edic). Elsevier Ltda.

Demissie, W., Asmare, K., Legesse, M., Aragaw, K., y Sheferaw, D. (2024). Sero-epidemiological study of brucellosis in cattle under pastoral/agro-pastoral and mixed crop-livestock systems in South Omo, southern Ethiopia. *Heliyon*, *10*(12), e33413.

Djibril, A. S. D., Bothon, F. T. D., Boko, K. C., Koutinhouin, B. G., y Farougou, S. (2024). Farmers' perceptions of bovine brucellosis in Benin. *Veterinary World*, *17*, 434–447.

Faramarzi, H., Nasiri, M., Khosravi, M., Keshavarzi, A., y Ardakani, A. R. R. (2019). Potential effects of climatic parameters on human brucellosis in Fars province, Iran, during 2009-2015. *Iranian Journal of Medical Sciences*, *44*(6), 465–473.

Garrido-Haro, A., Barrionuevo-Samaniego, M., Moreno-Caballeros, P., Burbano-Enriquez, A., Sánchez-Vázquez, M. J., Pompei, J., Humblet, M. F., Ron-Román, J., y Saegerman, C. (2023). Seroprevalence and Risk Factors Related to Bovine Brucellosis in Continental Ecuador. *Pathogens*, *12*, 1134.

Getahun, T. K., Urge, B., y Mamo, G. (2023). Seroprevalence of bovine brucellosis

and associated factors among dairy cows with recent cases of abortion in Ethiopia. *Public Health Challenges*, *2*(3), 1–8.

Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Interamericana Editores S.A.

Idrees, H., Abbas, J., Raza, A., Qamar, M. H., Waheed, M. A., Arshad, M. B., Ali, M. H., Jabar, A., Farooq, M., Rehman, T., y Raheem, A. (2024). A systematic overview of bovine brucellosis and its implications for public health. *Letters In Animal Biology*, *4*(1), 1–9.

Jiao, H., Zhou, Z., Li, B., Xiao, Y., Li, M., Zeng, H., Guo, X., y Gu, G. (2021). The mechanism of facultative intracellular parasitism of brucella. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*, 3673. https://doi.org/10.3390/ijms22073673

Kazak, E., Akalın, H., Yılmaz, E., Heper, Y., Mıstık, R., Sınırtaş, M., Özakın, C., Göral, G., y Helvacı, S. (2016). Brucellosis: a retrospective evaluation of 164 cases. *Singapore Medical Journal*, *57*(11), 624–629.

Khairullah, A. R., Kurniawan, S. C., Puspitasari, Y., Aryaloka, S., Silaen, O. S. M., Yanestria, S. M., Widodo, A., Moses, I. B., Effendi, M. H., Afnani, D. A., Ramandinianto, S. C., Hasib, A., y Riwu, K. H. P. (2024). Brucellosis: Unveiling the complexities of a pervasive zoonotic disease and its global impacts. *Open Veterinary Journal*, *14*(5), 1081–1097.

Khurana, S. K., Sehrawat, A., Tiwari, R., Prasad, M., Gulati, B., Shabbir, M. Z., Chhabra, R., Karthik, K., Patel, S. K., Pathak, M., Iqbal Yatoo, M., Gupta, V. K., Dhama, K., Sah, R., y Chaicumpa, W. (2021). Bovine brucellosis - a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, *41*(1), 61–88.

Li, Y. J., Li, X. Lou, Liang, S., Fang, L. Q., y Cao, W. C. (2013). Epidemiological features and risk factors associated with the spatial and temporal distribution of human brucellosis in China. *BMC Infectious Diseases*, *13*(1), 547.

Liu, K., Yang, Z., Liang, W., Guo, T., Long, Y., y Shao, Z. (2020). Effect of climatic factors on the seasonal fluctuation of human brucellosis in Yulin, northern China. *BMC Public Health*, *20*(1), 506.

More, S., Bøtner, A., Butterworth, A., Calistri, P., Depner, K., Edwards, S., Garin-Bastuji, B., Good, M., Gortázar Schmidt, C., Michel, V., Miranda, M. A., Nielsen, S. S., Raj, M., Sihvonen, L., Spoolder, H., Stegeman, J. A., Thulke, H. H., Velarde, A., Willeberg, P., … Bicout, D. (2017). Assessment of listing and categorisation of animal diseases within the framework of the Animal Health Law (Regulation (EU) No 2016/429): infection with Brucella abortus, B. melitensis and B. suis. *EFSA Journal*, *15*(7), 4889.

Morin, C. W., Semenza, J. C., Trtanj, J. M., Glass, G. E., Boyer, C., y Ebi, K. L. (2018). Unexplored Opportunities: Use of Climate- and Weather-Driven Early Warning Systems to Reduce the Burden of Infectious Diseases. *Current Environmental Health Reports*, *5*, 430–438.

Quevedo Ricardi, F. (2011). La prueba de ji-cuadrado. *Medwave*, *11*(12), e5266–e5266.

Rodriguez-Morales, A. (2013). Climate change, climate variability and brucellosis. *Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery*, *8*(1), 4–12.

Román-Cárdenas, F., y Luna-Herrera, J. (2017). Updated review of the Brucellosis epidemiology (Brucella abortus, Brucella mellitensis, Brucella suis, Brucella canis) in Ecuador and the world. *Revista Centro de Biotecnología*, *6*(1), 82–93.

Varikkodan, I., Naushad, V. A., Purayil, N. K., Zahid, M., Sirajudeen, J., Ambra, N., Mohammed, A. M., Trivedi, J., Kandalam, S. P., Joseph, P., Kartha, A. B., y Elzouki, A. (2024). Demographic characteristics, laboratory features and complications in 346 cases of brucellosis: a retrospective study from Qatar. *IJID Regions*, *10*, 18–23.

Warioba, J. P., Karimuribo, E. D., Komba, E. V. G., Kabululu, M. L., Minga, G. A., y Nonga, H. E. (2023). Occurrence and Risk Factors of Brucellosis in Commercial Cattle Farms from Selected Districts of the Eastern Coast Zone, Tanzania. *Veterinary Medicine International*, 1–8.

Xiang, J., Hansen, A., Liu, Q., Tong, M. X., Liu, X., Sun, Y., Cameron, S., Hanson-Easey, S., Han, G. S., Williams, C., Weinstein, P., y Bi, P. (2018). Impact of meteorological factors on hemorrhagic fever with renal syndrome in 19 cities in

China, 2005–2014. *Science of the Total Environment*, *636*, 1249–1256.

5.4.ANEXOS

5.4.1. Análisis de varianza y prueba de medias entre provincias

ANOVA

Prevalencia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	177,822	2	88,911	2,371	,119
Dentro de grupos	750,006	20	37,500		
Total	927,828	22			

Prueba Post Hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Prevalencia

	(I) Región	(J) Región	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
Scheffe	Costa	Sierra	-6,17043	3,01782	,150	-14,1466	1,8058
		Oriente	-5,80810	3,40694	,257	-14,8128	3,1966
	Sierra	Costa	6,17043	3,01782	,150	-1,8058	14,1466
		Oriente	,36233	3,16229	,993	-7,9957	8,7204
	Oriente	Costa	5,80810	3,40694	,257	-3,1966	14,8128
		Sierra	-,36233	3,16229	,993	-8,7204	7,9957
DMS	Costa	Sierra	-6,17043	3,01782	,054	-12,4655	,1246
		Oriente	-5,80810	3,40694	,104	-12,9148	1,2987
	Sierra	Costa	6,17043	3,01782	,054	-,1246	12,4655
		Oriente	,36233	3,16229	,910	-6,2341	6,9588
	Oriente	Costa	5,80810	3,40694	,104	-1,2987	12,9148
		Sierra	-,36233	3,16229	,910	-6,9588	6,2341
Sidak	Costa	Sierra	-6,17043	3,01782	,154	-14,0310	1,6902
		Oriente	-5,80810	3,40694	,280	-14,6823	3,0661
	Sierra	Costa	6,17043	3,01782	,154	-1,6902	14,0310
		Oriente	,36233	3,16229	,999	-7,8746	8,5993
	Oriente	Costa	5,80810	3,40694	,280	-3,0661	14,6823
		Sierra	-,36233	3,16229	,999	-8,5993	7,8746

Subconjuntos homogéneos

Prevalencia

	Región	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
Scheffe[a,b]	Costa	7	9,4986
	Oriente	6	15,3067
	Sierra	10	15,6690
	Sig.		,182

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 7,326.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

5.4.2. Análisis de varianza y prueba de medias entre años

ANOVA

Prevalencia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4650,098	7	664,300	1,602	,131
Dentro de grupos	389020,496	938	414,734		
Total	393670,594	945			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Prevalencia

HSD Tukey

(I) Año	(J) Año	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
2016	2017	1.35185	2.95887	1,000	-7.6365	10.3402
	2018	7.24702	3.35370	,377	-2.9407	17.4348
	2019	.91105	2.71578	1,000	-7.3388	9.1609
	2020	3.39435	2.84340	,934	-5.2432	12.0319
	2021	5.91225	2.65440	,336	-2.1512	13.9757
	2022	1.90400	2.86262	,998	-6.7920	10.6000
	2023	2.37089	2.95887	,993	-6.6174	11.3592
2017	2016	-1.35185	2.95887	1,000	-10.3402	7.6365
	2018	5.89517	3.23544	,605	-3.9333	15.7237
	2019	-.44079	2.56831	1,000	-8.2427	7.3611
	2020	2.04250	2.70291	,995	-6.1683	10.2533
	2021	4.56040	2.50331	,605	-3.0441	12.1649
	2022	.55215	2.72312	1,000	-7.7200	8.8243

	2023	1.01904	2.82412	1,000	-7.5600	9.5980
2018	2016	-7.24702	3.35370	,377	-17.4348	2.9407
	2017	-5.89517	3.23544	,605	-15.7237	3.9333
	2019	-6.33596	3.01473	,415	-15.4940	2.8221
	2020	-3.85267	3.13019	,923	-13.3614	5.6561
	2021	-1.33477	2.95956	1,000	-10.3252	7.6557
	2022	-5.34301	3.14766	,689	-14.9049	4.2188
	2023	-4.87613	3.23544	,804	-14.7046	4.9524
2019	2016	-.91105	2.71578	1,000	-9.1609	7.3388
	2017	.44079	2.56831	1,000	-7.3611	8.2427
	2018	6.33596	3.01473	,415	-2.8221	15.4940
	2020	2.48329	2.43439	,971	-4.9118	9.8784
	2021	5.00119	2.21069	,316	-1.7144	11.7167
	2022	.99295	2.45682	1,000	-6.4703	8.4562
	2023	1.45983	2.56831	,999	-6.3421	9.2618
2020	2016	-3.39435	2.84340	,934	-12.0319	5.2432
	2017	-2.04250	2.70291	,995	-10.2533	6.1683
	2018	3.85267	3.13019	,923	-5.6561	13.3614
	2019	-2.48329	2.43439	,971	-9.8784	4.9118
	2021	2.51790	2.36572	,964	-4.6686	9.7044
	2022	-1.49035	2.59720	,999	-9.3800	6.3993
	2023	-1.02346	2.70291	1,000	-9.2343	7.1873
2021	2016	-5.91225	2.65440	,336	-13.9757	2.1512
	2017	-4.56040	2.50331	,605	-12.1649	3.0441
	2018	1.33477	2.95956	1,000	-7.6557	10.3252
	2019	-5.00119	2.21069	,316	-11.7167	1.7144
	2020	-2.51790	2.36572	,964	-9.7044	4.6686
	2022	-4.00824	2.38879	,702	-11.2648	3.2483
	2023	-3.54136	2.50331	,851	-11.1458	4.0631
2022	2016	-1.90400	2.86262	,998	-10.6000	6.7920
	2017	-.55215	2.72312	1,000	-8.8243	7.7200
	2018	5.34301	3.14766	,689	-4.2188	14.9049
	2019	-.99295	2.45682	1,000	-8.4562	6.4703
	2020	1.49035	2.59720	,999	-6.3993	9.3800
	2021	4.00824	2.38879	,702	-3.2483	11.2648
	2023	.46688	2.72312	1,000	-7.8053	8.7391
2023	2016	-2.37089	2.95887	,993	-11.3592	6.6174
	2017	-1.01904	2.82412	1,000	-9.5980	7.5600
	2018	4.87613	3.23544	,804	-4.9524	14.7046
	2019	-1.45983	2.56831	,999	-9.2618	6.3421

	2020	1.02346	2.70291	1,000	-7.1873	9.2343
	2021	3.54136	2.50331	,851	-4.0631	11.1458
	2022	-.46688	2.72312	1,000	-8.7391	7.8053

5.4.3. Análisis de varianza del número de casos susceptibles

ANOVA

Casos_susc

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8502653,070	7	1214664,724	14,034	,000
Dentro de grupos	110007844,429	1271	86552,199		
Total	118510497,498	1278			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Casos_susc

HSD Tukey

(I) Año	(J) Año	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	99% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
2016	2017	-7,83874	40,33475	1,000	-150,4240	134,7465
	2018	42,61962	44,86769	,981	-115,9897	201,2290
	2019	209,99039*	35,01575	,000	86,2081	333,7727
	2020	198,57181*	37,23450	,000	66,9461	330,1975
	2021	171,88843*	35,09869	,000	47,8129	295,9639
	2022	192,90909*	36,84829	,000	62,6487	323,1695
	2023	223,79144*	37,94687	,000	89,6475	357,9354
2017	2016	7,83874	40,33475	1,000	-134,7465	150,4240
	2018	50,45835	43,49106	,943	-103,2846	204,2013
	2019	217,82913*	33,23351	,000	100,3471	335,3111
	2020	206,41055*	35,56362	,000	80,6915	332,1296
	2021	179,72716*	33,32089	,000	61,9363	297,5181
	2022	200,74783*	35,15906	,000	76,4589	325,0367
	2023	231,63018*	36,30879	,000	103,2769	359,9835
2018	2016	-42,61962	44,86769	,981	-201,2290	115,9897
	2017	-50,45835	43,49106	,943	-204,2013	103,2846
	2019	167,37077*	38,60936	,000	30,8849	303,8567
	2020	155,95220*	40,63235	,003	12,3149	299,5894
	2021	129,26881	38,68460	,019	-7,4831	266,0207

	2022	150,28947*	40,27874	,005	7,9023	292,6767
	2023	181,17183*	41,28614	,000	35,2234	327,1203
2019	2016	-209,99039*	35,01575	,000	-333,7727	-86,2081
	2017	-217,82913*	33,23351	,000	-335,3111	-100,3471
	2018	-167,37077*	38,60936	,000	-303,8567	-30,8849
	2020	-11,41858	29,39356	1,000	-115,3262	92,4890
	2021	-38,10196	26,63629	,843	-132,2625	56,0586
	2022	-17,08130	28,90277	,999	-119,2539	85,0913
	2023	13,80105	30,29090	1,000	-93,2787	120,8808
2020	2016	-198,57181*	37,23450	,000	-330,1975	-66,9461
	2017	-206,41055*	35,56362	,000	-332,1296	-80,6915
	2018	-155,95220*	40,63235	,003	-299,5894	-12,3149
	2019	11,41858	29,39356	1,000	-92,4890	115,3262
	2021	-26,68338	29,49232	,986	-130,9401	77,5733
	2022	-5,66272	31,55432	1,000	-117,2087	105,8833
	2023	25,21963	32,83053	,995	-90,8378	141,2771
2021	2016	-171,88843*	35,09869	,000	-295,9639	-47,8129
	2017	-179,72716*	33,32089	,000	-297,5181	-61,9363
	2018	-129,26881	38,68460	,019	-266,0207	7,4831
	2019	38,10196	26,63629	,843	-56,0586	132,2625
	2020	26,68338	29,49232	,986	-77,5733	130,9401
	2022	21,02066	29,00320	,996	-81,5070	123,5483
	2023	51,90301	30,38675	,682	-55,5155	159,3216
2022	2016	-192,90909*	36,84829	,000	-323,1695	-62,6487
	2017	-200,74783*	35,15906	,000	-325,0367	-76,4589
	2018	-150,28947*	40,27874	,005	-292,6767	-7,9023
	2019	17,08130	28,90277	,999	-85,0913	119,2539
	2020	5,66272	31,55432	1,000	-105,8833	117,2087
	2021	-21,02066	29,00320	,996	-123,5483	81,5070
	2023	30,88235	32,39186	,981	-83,6244	145,3891
2023	2016	-223,79144*	37,94687	,000	-357,9354	-89,6475
	2017	-231,63018*	36,30879	,000	-359,9835	-103,2769
	2018	-181,17183*	41,28614	,000	-327,1203	-35,2234
	2019	-13,80105	30,29090	1,000	-120,8808	93,2787
	2020	-25,21963	32,83053	,995	-141,2771	90,8378
	2021	-51,90301	30,38675	,682	-159,3216	55,5155
	2022	-30,88235	32,39186	,981	-145,3891	83,6244

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.01.

Subconjuntos homogéneos

Casos_susc

HSD Tukey[a,b]

Año	N	Subconjunto para alfa = 0.01	
		1	2
2023	153	81,1176	
2019	246	94,9187	
2020	169	106,3373	
2022	179	112,0000	
2021	242	133,0207	
2018	76		262,2895
2016	99		304,9091
2017	115		312,7478
Sig.		,827	,847

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 137,477.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.