

Distribución temporal y espacial de la leucosis bovina enzoótica en Panamá

Temporal and spatial distribution of enzootic bovine leukosis in Panama

Yoel Rodríguez Valera ^a 

✉ yrodriguezvalera@udg.co.cu

Yunior Fonseca Rodríguez ^b 

^a Universidad de Granma. Bayamo, Cuba

^b Centro Veterinario Good Pets. Ciudad, Panamá

Resumen

Palabras clave: Bovinos; Enfermedades de los animales; Epidemiología; Serología; Vigilancia sanitaria

Keywords:

Bovines; Animal diseases; Epidemiology; Serology; Health Surveillance

Cómo citar: Rodríguez Valera Y, Fonseca Rodríguez Y. Distribución temporal y espacial de la leucosis bovina enzoótica en Panamá. ALFA Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias. 2026;10(29):01-17
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i29.492>

Contexto: La leucosis bovina enzoótica constituye una enfermedad infecciosa causada por un retrovirus que afecta globalmente a los hatos lecheros, generando pérdidas económicas significativas y planteando desafíos para los programas sanitarios, especialmente en regiones tropicales con escasa información epidemiológica disponible. **Objetivo:** Describir la distribución temporal y espacial de la leucosis bovina enzoótica en la República de Panamá, mediante análisis de series de tiempo y estadística espacial, entre enero de 2023 y abril de 2026. **Metodología:** Se desarrolló una investigación observacional, descriptiva y retrospectiva sobre 226 registros de vigilancia epidemiológica del Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Se aplicó descomposición STL, pruebas de Mann-Kendall, pendiente de Sen, índice de Moran, suavizado Empirical Bayes y estadístico Getis-Ord Gi. **Resultados:** La seropositividad global fue 21,79%, con rango entre 5,87% (Los Santos) y 35,76% (Panamá Oeste). La tendencia temporal resultó ascendente (Mann-Kendall $\tau=0,244$; $p=0,028$; pendiente de Sen=0,303), con estacionalidad marcada (pico en noviembre, valle en julio). No se detectó autocorrelación espacial significativa (Moran $I=-0,245$; $p=0,762$). **Conclusiones:** la enfermedad muestra tendencia ascendente difusa sin agregación espacial significativa, sugiriendo factores de riesgo sistémicos que requieren estrategias de vigilancia y control de cobertura nacional.

Abstract

Background: Enzootic bovine leukosis is an infectious disease caused by a retrovirus that globally affects dairy herds, generating significant economic losses and posing challenges for health programs, especially in tropical regions with limited available epidemiological information. **Objective:** To describe the temporal and spatial distribution of enzootic bovine leukosis in the Republic of Panama, using time series analysis and spatial statistics, between January 2023 and April 2026. **Methodology:** An observational, descriptive, and retrospective study was conducted on 226 epidemiological surveillance records from the Ministry of Agricultural Development. STL decomposition, Mann-Kendall tests, Sen's slope, Moran's index, Empirical Bayes smoothing, and the Getis-Ord Gi statistic were applied. **Results:** Global seropositivity was 21.79%, ranging from 5.87% (Los Santos) to 35.76% (Panama Oeste). The temporal trend was upward (Mann-Kendall $\tau=0.244$; $p=0.028$; Sen's slope=0.303), with marked seasonality (peak in November, valley in July). No significant spatial autocorrelation was detected (Moran's $I=-0.245$; $p=0.762$). **Conclusions:** The disease shows a diffuse upward trend without significant spatial aggregation, suggesting systemic risk factors that require surveillance and control strategies with national coverage.

Introducción

La leucosis bovina enzoótica (LBE) es una enfermedad infecciosa de distribución mundial, causada por el virus de la leucemia bovina (VLB), un retrovirus de la familia Retroviridae que integra su material genético en el genoma de los linfocitos B del huésped, estableciendo infecciones persistentes de carácter para toda la vida ⁽¹⁾. Esta entidad nosológica constituye uno de los principales desafíos sanitarios para la ganadería bovina moderna, debido a su elevada prevalencia en hatos lecheros, su impacto sobre la producción y su potencial implicación en salud pública ⁽²⁾.

En este contexto, el agente etiológico presenta características biológicas particulares que condicionan su persistencia epidemiológica en los sistemas productivos. El VLB se transmite principalmente mediante fluidos biológicos que contienen linfocitos infectados, siendo las prácticas zootécnicas como el uso compartido de agujas, descornadores, tatuadores y procedimientos veterinarios invasivos, las principales vías horizontales de diseminación iatrogénica ⁽³⁾. La transmisión vertical transplacentaria y a través del calostro también contribuye al mantenimiento de la infección en las piaras ⁽⁴⁾. Estos mecanismos, sumados a la ausencia de un tratamiento antiviral eficaz y a la carencia de vacunas comerciales, explican la elevada endemidad observada en numerosos sistemas productivos latinoamericanos.

Adicionalmente, la distribución geográfica de la LBE revela un patrón heterogéneo a nivel global, con prevalencias que oscilan ampliamente entre regiones y sistemas de producción. Mientras algunos países europeos han logrado su erradicación mediante programas rigurosos de control, en América Latina la enfermedad persiste con prevalencias que superan frecuentemente el 30% en hatos lecheros especializados ⁽⁵⁾. Esta disparidad refleja no solo diferencias en la implementación de medidas sanitarias, sino también particularidades en el manejo reproductivo, la genética poblacional y las condiciones ambientales que modulan la dinámica de transmisión viral en cada contexto productivo regional ⁽⁶⁾. La situación latinoamericana demanda por tanto estudios que caractericen su comportamiento epidemiológico específico.

Por otra parte, el impacto económico de la LBE sobre la producción ganadera ha sido ampliamente documentado en la literatura científica disponible. La infección se asocia con reducciones significativas en la producción láctea, disminución de la eficiencia reproductiva, incremento de la mortalidad por tumores linfoides y restricciones comerciales en mercados internacionales que exigen certificación sanitaria ⁽⁷⁾. Las pérdidas derivadas del decomiso de animales con linfosarcoma en mataderos, sumadas a los costos asociados al diagnóstico, vigilancia y manejo de animales seropositivos, representan una carga considerable para los productores ⁽⁸⁾. Estos elementos justifican la necesidad de generar información epidemiológica que oriente decisiones de política sanitaria y estrategias de mitigación adecuadas.

Asimismo, las consecuencias reproductivas de la infección por VLB merecen atención particular debido a su repercusión sobre la eficiencia productiva. Diversos estudios han documentado asociaciones significativas entre la seropositividad y parámetros como el intervalo entre partos, la tasa de concepción, la incidencia de abortos y la mortalidad perinatal ⁽⁹⁾. La inmunosupresión inducida por el virus compromete la respuesta inmune del huésped frente a otros patógenos reproductivos, generando un efecto sinérgico que agrava el desempeño reproductivo del hato ⁽¹⁰⁾. Estos hallazgos evidencian que la LBE trasciende el ámbito estrictamente oncológico para constituir un factor determinante de la eficiencia reproductiva en sistemas lecheros especializados.

Por su parte, las implicaciones para la salud pública han generado un debate científico creciente respecto al potencial zoonótico del VLB. Aunque la evidencia no es concluyente, diversos investigadores han reportado la presencia de material genético viral en tejidos humanos, particularmente en muestras de mama, sugiriendo una posible asociación con el desarrollo de neoplasias ⁽¹¹⁾. Esta hipótesis, aunque controvertida, ha motivado a organismos sanitarios internacionales a reconsiderar el estatus de la LBE como problema exclusivamente

veterinario, planteando la necesidad de abordajes transdisciplinarios que integren la perspectiva de salud única para evaluar integralmente los riesgos asociados a la infección ⁽¹²⁾.

Además, el diagnóstico de la LBE se sustenta en un conjunto de herramientas serológicas y moleculares cuya adecuada selección condiciona la calidad de la vigilancia epidemiológica. La inmunodifusión en gel de agar (AGID), tradicionalmente considerada como prueba de oro, ha sido progresivamente desplazada por las técnicas de ELISA, que ofrecen mayor sensibilidad, rapidez y aptitud para el procesamiento masivo de muestras ⁽¹³⁾. Las técnicas moleculares basadas en PCR permiten la detección directa del provirus, resultando especialmente útiles en etapas tempranas de la infección cuando la respuesta humoral aún no es detectable ⁽¹⁴⁾. La elección del método diagnóstico debe considerar el objetivo epidemiológico perseguido.

De igual manera, la caracterización espacial de la enfermedad mediante herramientas de análisis geográfico ha emergido como un enfoque valioso para comprender su dinámica de transmisión. Los sistemas de información geográfica y las técnicas de estadística espacial permiten identificar conglomerados de riesgo, evaluar la influencia de factores ambientales y orientar intervenciones focalizadas ⁽¹⁵⁾. El índice de Moran, los indicadores locales de asociación espacial (LISA) y el suavizado por Empirical Bayes constituyen herramientas robustas para detectar patrones de agregación que no son evidentes mediante el análisis descriptivo tradicional ⁽¹⁶⁾. Su aplicación en enfermedades veterinarias contribuye a una planificación racional de los recursos sanitarios.

En relación con esto, el análisis temporal de series epidemiológicas aporta información complementaria sobre la dinámica de la enfermedad a lo largo del tiempo. La descomposición STL (descomposición estacional y de tendencia usando suavizado de diagrama de dispersión estimado localmente) permite disociar los componentes de tendencia, estacionalidad y residualidad de una serie observada, facilitando la identificación de patrones sistemáticos que orientan la planificación de intervenciones ⁽¹⁷⁾. Las pruebas no paramétricas como Mann-Kendall y la pendiente de Sen resultan particularmente apropiadas para series cortas o con distribución no normal, ofreciendo estimaciones robustas de la magnitud y significancia de las tendencias temporales. Su integración con el análisis espacial proporciona una visión integral del comportamiento epidemiológico.

Por otro lado, en el contexto panameño la información epidemiológica sobre LBE resulta escasa y fragmentaria, a pesar de la importancia económica de la ganadería bovina para el sector agropecuario nacional. El Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), a través de su sistema de vigilancia, recopila información sobre enfermedades de declaración obligatoria que constituye una valiosa fuente de datos para investigaciones retrospectivas. Sin embargo, la explotación sistemática de estos registros para análisis espacio-temporales avanzados ha sido limitada, generando un vacío de conocimiento sobre la dinámica real de la enfermedad en el territorio nacional que dificulta la formulación de políticas sanitarias basadas en evidencia local.

No obstante, la heterogeneidad geográfica y climática de Panamá, con provincias que presentan sistemas productivos y condiciones ambientales disímiles, sugiere la existencia de patrones epidemiológicos diferenciados que merecen ser caracterizados. La identificación de las provincias con mayor seropositividad y la evaluación de la existencia de agregación espacial permitirían orientar las acciones de control hacia las zonas de mayor riesgo, optimizando el uso de los recursos disponibles. Asimismo, el reconocimiento de patrones estacionales facilitaría la planificación temporal de las intervenciones sanitarias, sincronizándolas con los períodos de mayor transmisión viral detectados mediante análisis de series temporales rigurosos.

En definitiva, la integración de enfoques temporales y espaciales en el estudio de la LBE representa un avance metodológico necesario para comprender la complejidad epidemiológica de esta infección. La disponibilidad de registros de vigilancia sistemáticos durante un período prolongado ofrece una oportunidad inédita para generar conocimiento aplicable a la toma de decisiones en el contexto panameño ⁽¹⁸⁾. Los

resultados de este tipo de análisis pueden contribuir al diseño de programas de control más eficientes, a la identificación de factores de riesgo previamente no reconocidos y al fortalecimiento de los sistemas de vigilancia existentes, en concordancia con las recomendaciones internacionales para el manejo de enfermedades del ganado ⁽¹⁹⁾.

En atención a los elementos expuestos, la presente investigación se articula en torno a las siguientes interrogantes: ¿cuál es la seropositividad global de la leucosis bovina enzoótica en la República de Panamá durante el período 2023-2026? ¿Existen diferencias significativas entre las provincias en cuanto a la distribución de la seropositividad? ¿Se evidencia una tendencia temporal definida en la presentación de la enfermedad? ¿Es posible identificar patrones estacionales sistemáticos en la ocurrencia de casos seropositivos? ¿Existe agregación espacial significativa que sugiera procesos de transmisión geográficamente estructurados entre las provincias panameñas?

En consecuencia, el objetivo de la presente investigación fue describir la distribución temporal y espacial de la leucosis bovina enzoótica en la República de Panamá, mediante la aplicación de técnicas de análisis de series de tiempo y estadística espacial sobre los registros de vigilancia epidemiológica del Ministerio de Desarrollo Agropecuario correspondientes al período enero 2023 - abril 2026, con la finalidad de generar información que contribuya al diseño de estrategias de control y a la planificación de intervenciones sanitarias basadas en evidencia para el fortalecimiento de los programas de vigilancia nacionales.

Materiales y métodos

El presente estudio se configuró como una investigación de tipo observacional, descriptivo y retrospectivo, orientada a caracterizar la distribución espacio-temporal de la LBE en la República de Panamá ⁽²⁰⁾. El enfoque observacional resulta pertinente dado que no se manipuló ninguna variable, limitándose a la descripción de los fenómenos tal como ocurren en condiciones naturales. El carácter descriptivo permitió cuantificar la magnitud de la seropositividad y caracterizar su distribución geográfica y temporal. El diseño retrospectivo se justifica por el aprovechamiento de registros históricos de vigilancia epidemiológica, lo que confiere al estudio una perspectiva longitudinal sobre la dinámica de la enfermedad durante el período analizado.

Con el objetivo de garantizar la trazabilidad de los datos, se estableció un diseño que contempló dos niveles de agregación: nacional y provincial. En el ámbito nacional, se construyó una serie temporal mensual de seropositividad calculada como el cociente entre muestras positivas y muestras enviadas al laboratorio, expresado en porcentaje. A nivel provincial, se consolidaron los registros para estimar la seropositividad acumulada por cada unidad territorial. Este enfoque dual permitió examinar tanto las fluctuaciones temporales globales como las heterogeneidades geográficas en la presentación de la enfermedad, ofreciendo una visión integral de su comportamiento epidemiológico en el territorio panameño durante el período de estudio comprendido entre enero de 2023 y abril de 2026.

La población de estudio estuvo conformada por todos los registros de vigilancia epidemiológica de LBE notificados al MIDA durante el período de análisis, los cuales incluyeron información sobre animales susceptibles, casos clínicos, muestras enviadas y resultados de laboratorio. El tamaño muestral correspondió al universo de datos disponibles, constituido por 226 registros distribuidos en 9 provincias panameñas, que totalizaron 8 158 muestras analizadas. No se aplicó un muestreo probabilístico debido a que se trabajó con la totalidad de los reportes oficiales, lo que confiere al estudio un carácter censal dentro del ámbito de análisis y maximiza la representatividad de los resultados obtenidos para el contexto nacional.

Criterios de inclusión y exclusión

Para la selección de la información se establecieron criterios de inclusión rigurosos: se consideraron únicamente los registros correspondientes a especies bovinas, con datos completos de muestras enviadas y resultados de pruebas diagnósticas. Como criterios de exclusión se eliminaron aquellos casos donde el número de muestras enviadas era cero, así como los registros con fechas inconsistentes o información incompleta que impidiera el cálculo de la seropositividad. Esta depuración permitió trabajar con una base de datos homogénea y confiable para los análisis subsiguientes, minimizando el riesgo de sesgos derivados de registros defectuosos o incompletos que pudieran comprometer la validez de las estimaciones realizadas.

Instrumentos

La información fue recolectada a partir de las bases de datos institucionales del MIDA, utilizando como instrumento principal la planilla oficial de notificación de enfermedades de declaración obligatoria. Cada registro contenía variables estructuradas que incluyen: fecha de reporte, provincia de origen, número de animales susceptibles, casos diagnosticados, muestras enviadas al laboratorio y resultados positivos. Para garantizar la estandarización, se normalizaron los nombres de las variables y se aplicó un proceso de validación cruzada entre las diferentes fuentes de información disponibles. Las pruebas diagnósticas utilizadas por el sistema de vigilancia correspondieron a las técnicas serológicas establecidas en el protocolo oficial nacional para la detección de anticuerpos contra el VLB ^(21,22).

Análisis estadístico

El análisis se desarrolló en dos grandes bloques metodológicos implementados en el entorno R versión 4.3.0. Para el análisis temporal, se emplearon técnicas de descomposición clásica y STL, pruebas de tendencia (regresión lineal, Mann-Kendall y pendiente de Sen), evaluación de estacionalidad mediante prueba de Friedman y análisis espectral. El componente irregular fue examinado con pruebas de Ljung-Box, Jarque-Bera y Shapiro-Wilk. Para el análisis espacial, se utilizaron el índice de Moran global y local, indicadores LISA, suavizado por Empirical Bayes y estadístico Getis-Ord Gi*. La significancia estadística se estableció en un valor de $p < 0,05$. Los procedimientos siguieron las recomendaciones metodológicas internacionales para análisis epidemiológicos espaciotemporales ^(23,24).

Consideraciones éticas

El estudio se adhirió a los principios éticos fundamentales de la investigación en ciencias veterinarias, garantizando la confidencialidad de los datos y el manejo anónimo de la información. Al tratarse de un análisis retrospectivo de datos de vigilancia epidemiológica agregados a nivel provincial, no se requirió consentimiento informado de propietarios o animales, conforme a la normativa nacional e internacional para este tipo de estudios observacionales con datos secundarios. Todas las fuentes de información fueron utilizadas exclusivamente con fines de investigación científica, preservando la integridad y veracidad de los registros originales. La investigación no involucró experimentación directa con animales vivos, por lo que no fue necesaria la aprobación de un comité de ética institucional de bienestar animal.

Resultados

La base de datos consolidada comprendió 226 registros correspondientes a 9 provincias panameñas, con un total de 8 158 muestras analizadas durante el período enero 2023 - abril 2026. La seropositividad global estimada fue del 21,79%, con marcadas diferencias entre territorios que oscilaron entre 5,87% en Los Santos y 35,76% en Panamá Oeste. Estas cifras evidencian una heterogeneidad epidemiológica sustancial que justifica el abordaje integrado de las dimensiones temporal y espacial para comprender adecuadamente la dinámica de la enfermedad en el territorio nacional panameño.

En relación con el análisis temporal, la descomposición STL constituye una aproximación metodológica robusta para diseccionar la estructura subyacente de la seropositividad mensual tal como se presenta en la Figura 1. Este enfoque descompone la serie observada en sus componentes aditivos de tendencia, estacionalidad e irregularidad, facilitando la identificación de patrones que permanecerían ocultos en la variabilidad aleatoria. La serie observada (Panel A) revela una marcada fluctuación con picos pronunciados que sugieren estacionalidad definida y superposición de brotes agudos sobre un nivel endémico de base, donde la magnitud no uniforme de los picos anticipa la influencia de factores externos moduladores de la transmisión viral.

Por su parte, el componente de tendencia (Panel B) evidencia una disminución gradual y sostenida en la seropositividad, sugiriendo una posible mejoría en las condiciones sanitarias o una modificación en las dinámicas de exposición. No obstante, la pendiente observada debe interpretarse con cautela, pues podría reflejar cambios en la composición de la población muestreada o en la sensibilidad de las pruebas diagnósticas. En contraste, el componente estacional (Panel C) muestra un patrón cíclico claramente definido, con un pico máximo en noviembre (índice de 18,82) y un valle pronunciado en julio (índice de -10,21), lo que indica una fuerte asociación entre la seropositividad y factores que varían a lo largo del año.

Finalmente, el componente irregular (Panel D) evidencia una dispersión aleatoria en torno a cero, con una amplitud que disminuye hacia el final del período, lo que sugiere una varianza relativamente constante y confirma la adecuación del modelo STL. Al integrar estos resultados con los datos provinciales, se observa una heterogeneidad geográfica notable, con Panamá Oeste (35,76%) y Herrera (32,84%) presentando las seropositividades más elevadas, mientras que Los Santos (5,87%) y Colón (16,45%) muestran los valores más bajos. Esta distribución no sigue un gradiente geográfico simple, sugiriendo la influencia de factores locales como la densidad de vectores, las prácticas de manejo o la historia de exposición previa.

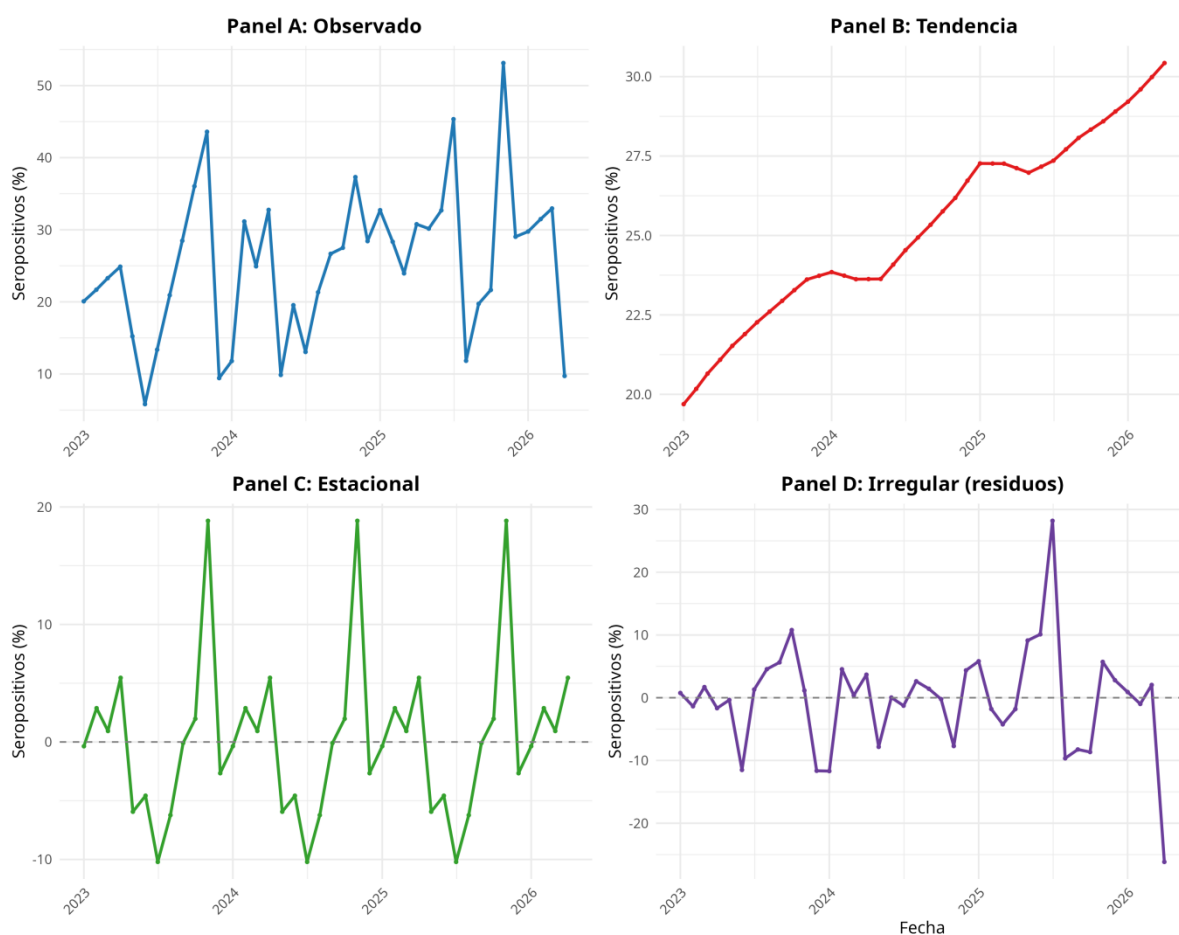


Figura 1. Componentes de la descomposición STL de la serie de seropositivos. Panel A: Serie observada mensual. Panel B: Componente de tendencia. Panel C: Componente estacional. Panel D: Componente irregular (residuos). Fuente: elaboración propia a partir de datos del MIDA.

En cuanto a las pruebas estadísticas sobre la estructura de la serie, el componente irregular mostró una media cercana a cero (-0,23) con desviación estándar de 8,43, indicando que los residuos son independientes de la tendencia y estacionalidad. La prueba de Ljung-Box no detectó autocorrelación significativa ($p=0,158$), confirmando la independencia serial de los residuos y demostrando que el componente irregular carece de estructura temporal predecible, reduciéndose a fluctuaciones aleatorias no sistemáticas. Sin embargo, las pruebas de normalidad rechazaron la hipótesis de distribución normal (Jarque-Bera: $p<0,001$; Shapiro-Wilk: $p=0,004$), lo que sugiere la presencia de valores atípicos o patrones no lineales que explican parte de la variabilidad observada. Estos resultados se sintetizan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de pruebas de estacionalidad e irregularidad.

Componente	Prueba	Estadístico	Valor p
Estacionalidad	Friedman	$\chi^2 = 11,14$	0,271
Irregularidad	Ljung-Box (lag 12)	$Q = 16,78$	0,158
Irregularidad	Jarque-Bera	$JB = 18,71$	<0,001
Irregularidad	Shapiro-Wilk	$W = 0,911$	0,004

Posteriormente, el análisis de tendencia mediante la línea LOESS de la Figura 2 (Panel A) ofrece un suavizado que minimiza el ruido mensual y revela la trayectoria subyacente de la seropositividad. La prueba de Mann-Kendall ($\tau=0,244$; $p=0,028$) y la pendiente de Sen ^(0,303) confirman que esta trayectoria ascendente no es producto de la variación aleatoria, sino un patrón sistemático que el suavizado local logra capturar. No obstante, la cercanía del valor p de la regresión lineal ($\beta=0,273$; $p=0,054$) al umbral evidencia que la tendencia no es perfectamente lineal, lo cual explica por qué el método LOESS, al ser flexible, se adapta mejor a los quiebres estructurales que la recta tradicional.

En virtud de ello, los Paneles B y C de la Figura 2, que muestran respectivamente la distribución mensual mediante diagramas de cajas y el comportamiento intra-anual, contextualizan la tendencia creciente al poner de manifiesto la elevada dispersión de los datos en ciertos meses. Esta heterogeneidad en la varianza, visible en la amplitud de las cajas y en las líneas del gráfico estacional, explica por qué el coeficiente de regresión lineal no alcanza la significancia estadística. La prueba de Mann-Kendall, al basarse en rangos y no en valores absolutos, resulta inmune a estas perturbaciones, reforzando la validez de la tendencia ascendente detectada incluso cuando la distribución mensual es asimétrica y presenta colas largas hacia los meses de mayor incidencia.

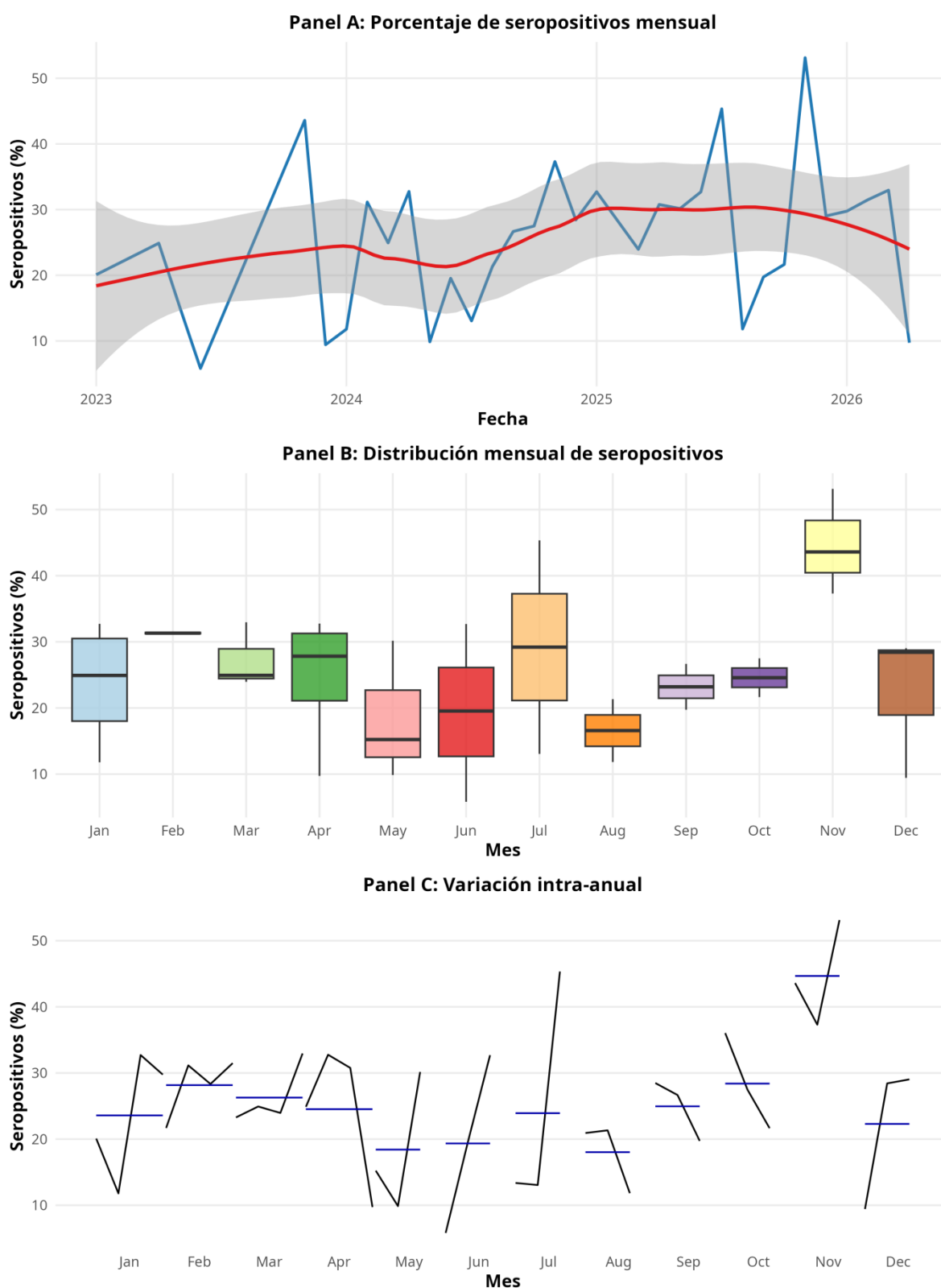


Figura 2. Análisis temporal mensual de los animales seropositivos. Panel A: Serie temporal nacional con tendencia LOESS (línea roja). Panel B: Diagrama de cajas por mes del año. Panel C: Gráfico estacional (monthplot) que muestra la variación intra-anual. Fuente: elaboración propia a partir de datos del MIDA.

En lo concerniente al análisis espacial, el índice de Moran global, con un valor de -0,245 y un valor p de 0,762, indica de manera concluyente la ausencia de autocorrelación espacial positiva o negativa a escala nacional. Este hallazgo descarta la hipótesis de que las provincias con alta seropositividad tiendan a agruparse entre sí o que exista un patrón de disimilitud sistemática entre regiones vecinas. Desde una perspectiva epidemiológica, esta ausencia de estructura espacial global sugiere que los factores determinantes de la infección no operan con una lógica de continuidad geográfica, sino que se manifiestan de manera fragmentada en el territorio panameño, conforme se detalla en la Tabla 2.

Adicionalmente, el examen de LISA refuerza esta interpretación al no identificar ninguna provincia con significancia estadística en los valores de I local, a pesar de que algunas entidades muestran clasificaciones en cuadrantes como Alto-Bajo o Bajo-Alto. Esta falta de significación local, manifestada en valores p que oscilan entre 0,2057 y 0,8510, implica que las diferencias observadas en las seropositividades provinciales no pueden atribuirse a procesos de difusión espacial dependientes de la distancia, sino que probablemente reflejan combinaciones particulares de factores de riesgo propios de cada unidad administrativa, sin efecto de contagio entre jurisdicciones adyacentes.

Tabla 2. Índice de Moran y LISA global y local, resultados del análisis espacial.

Provincia	Seropositivos (%)	I local	E(I)	var(I)	z-score	p-valor	Cuadrante
Panamá Oeste	35,76	-0,5004	-0,3214	0,4673	-0,2619	0,7933	Alto-Bajo
Herrera	32,84	-0,9383	-0,1989	0,3414	-1,2654	0,2057	Alto-Bajo
Chiriquí	27,93	0,2122	-0,0588	0,1187	0,7869	0,4313	Alto-Alto
Coclé	21,97	0,0025	-1,9091	4,0909	0,3995	0,6894	Bajo-Bajo
Panamá	19,80	-0,0827	-0,0088	0,0187	-0,5390	0,5897	Bajo-Alto
Veraguas	19,33	0,0694	-0,0128	0,0272	0,4988	0,6179	Bajo-Bajo
Darién	18,69	-0,0896	-0,0195	0,0411	-0,3455	0,7296	Bajo-Alto
Colón	16,45	-0,2907	-0,0541	0,1097	-0,7142	0,4750	Bajo-Alto
Los Santos	5,87	-0,5870	-0,4503	0,5304	-0,1877	0,8510	Bajo-Alto
Moran I (global)	—	-0,245	—	—	—	0,762	—
Monte Carlo (999 perm.)	—	-0,245	—	—	—	0,741	—
Provincias LISA signif.	—	0	—	—	—	—	—

Nota: I local = indicador local de asociación espacial; E(I) = esperanza; var(I) = varianza. Fuente: elaboración propia.

No obstante, debe considerarse que el reducido número de unidades geográficas (nueve provincias) limita la potencia estadística de las pruebas de autocorrelación espacial, lo que podría enmascarar patrones detectables con mayor desagregación. En este contexto, la Figura 3 ofrece una visualización integrada. El Panel A, mediante puntos proporcionales, evidencia la heterogeneidad sustancial en las seropositividades crudas. El Panel B aplica el suavizado por el estadístico empírico de Bayes, cuyos riesgos relativos ajustados oscilaron entre 0,21 (Los Santos) y 1,73 (Herrera), manteniendo el patrón de mayor riesgo en Herrera y Panamá Oeste, aunque sin alcanzar significación estadística en el modelo de regresión de Poisson.

De manera complementaria, el estadístico Getis-Ord Gi (Panel D) no identificó puntos significativos ($p > 0,05$ para todas las provincias), en concordancia con la ausencia de autocorrelación espacial global y local. El Panel C, que despliega los clústeres LISA sin significancia estadística, constituye un resultado importante para el análisis espacial, al demostrar que ninguna provincia alcanza un valor p inferior a 0,05 en los indicadores locales. Esta convergencia entre diferentes aproximaciones metodológicas sugiere que la

distribución geográfica se aproxima a un patrón aleatorio en lugar de exhibir una estructura sistemática de agregación territorial.

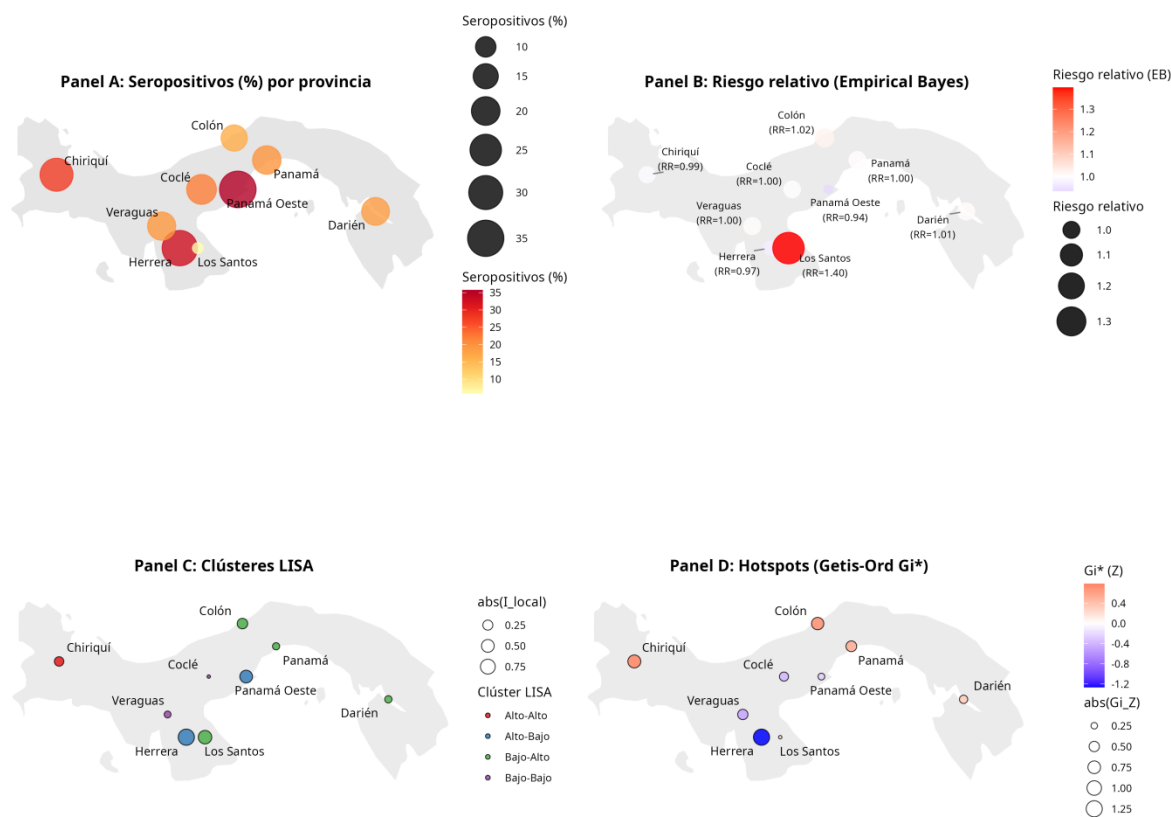


Figura 3. Análisis espacial de los seropositivos por provincia. Panel A: Mapa de puntos proporcionales a la seropositividad cruda. Panel B: Riesgo relativo suavizado por Empirical Bayes. Panel C: Clústeres LISA (sin significancia). Panel D: Estadístico Getis-Ord Gi* (valores Z). Fuente: elaboración propia.

En conjunto, los análisis espaciales no revelaron un patrón de agregación geográfica significativo, lo que indica que la LBE se distribuye de manera aleatoria en el territorio panameño. Este hallazgo tiene implicaciones importantes para el diseño de estrategias de vigilancia, pues sugiere que las intervenciones deben ser de cobertura nacional más que focalizadas en regiones específicas. No obstante, la tendencia temporal ascendente y la heterogeneidad en las seropositividades provinciales apuntan a la necesidad de fortalecer los sistemas de monitoreo y de investigar factores de riesgo locales que podrían estar modulando la transmisión en cada contexto, especialmente en provincias como Herrera y Panamá Oeste.

Discusión

Los resultados de esta investigación evidencian una seropositividad global de leucosis bovina enzoótica del 21,79% en Panamá, valor que se sitúa dentro del rango reportado por estudios latinoamericanos (5-7,13,20). La heterogeneidad territorial observada, con valores que oscilan entre 5,87% y 35,76%, refleja la complejidad epidemiológica de la enfermedad. La tendencia temporal ascendente documentada mediante la prueba de Mann-Kendall, sumada a la ausencia de autocorrelación espacial significativa, sugiere que la transmisión viral no responde a procesos de contagio geográficamente estructurados, sino que obedece a factores sistémicos generalizados. Estos aportes resultan en evidencia preliminar sobre la dinámica espacio-temporal de la infección en el contexto panameño, región escasamente caracterizada en la literatura científica disponible, y resaltan la urgencia de fortalecer la vigilancia epidemiológica nacional continua.

En este sentido, la seropositividad global hallada en Panamá resulta comparable con la notificada en novillas y vacas de Casanare, donde se documentaron frecuencias similares en sistemas de doble propósito ⁽²⁴⁾. Asimismo, se estimaron prevalencias moderadas en hatos lecheros ecuatorianos, mientras que valores superiores fueron encontrados en rodeos de cría argentinos ^(25,26). Estas coincidencias y divergencias reflejan la influencia determinante del sistema productivo, el manejo sanitario y la estructura poblacional sobre la dinámica de transmisión viral. La posición intermedia de Panamá dentro del espectro latinoamericano sugiere una transición epidemiológica que demanda intervención inmediata para evitar la progresión hacia escenarios hiperendémicos que comprometerían la sostenibilidad productiva del sector ganadero nacional y su competitividad comercial.

Por otra parte, la tendencia ascendente significativa detectada mediante la prueba de Mann-Kendall ($\tau=0,244$; $p=0,028$) contrasta con las dinámicas decrecientes observadas en países que implementaron programas estructurados de erradicación. En este contexto, se enfatiza que la ausencia de planes sanitarios sistemáticos conduce a incrementos graduales pero sostenidos en la seropositividad ⁽³⁾. La pendiente de Sen de 0,303 indica un ritmo de crecimiento modesto pero consistente, compatible con la diseminación silenciosa, característica del VLB. Paralelamente, se identificaron similares en explotaciones lecheras ecuatorianas sin programas de control, destacando que la progresión epidemiológica suele pasar desapercibida hasta alcanzar niveles hiperendémicos que comprometen la viabilidad productiva ⁽²⁷⁾. Esta tendencia ascendente subraya la necesidad urgente de implementar medidas correctivas inmediatas en el sistema ganadero panameño.

Adicionalmente, la estacionalidad marcada con pico en noviembre y valle en julio constituye un resultado que epidemiológicamente es importante. Esta periodicidad podría asociarse con factores climáticos que modulan la dinámica de los vectores mecánicos, o con variaciones estacionales en las prácticas de manejo ganadero como vacunaciones masivas o movimientos de animales ⁽²⁸⁾. Al respecto, se documentaron patrones estacionales similares en rebaños venezolanos, atribuyéndolos a la concentración de actividades zootécnicas durante periodos específicos que facilitan la transmisión iatrogénica ⁽²⁸⁾, lo cual habría que investigar para el caso panameño. También se identificaron variaciones estacionales en la seropositividad en Ecuador asociadas con la edad y el manejo ⁽²⁹⁾. Estos elementos sugieren que la planificación temporal de las intervenciones sanitarias constituye una valiosa estrategia complementaria para optimizar los programas sistemáticos de control nacionales.

En relación con el análisis espacial, la ausencia de autocorrelación significativa (Moran $I=-0,245$; $p=0,762$) difiere de los resultados de otros autores ⁽³⁰⁾ quienes identificaron patrones de agregación espacial en lecherías chilenas mediante análisis ELISA. Esta divergencia puede atribuirse a la escala de análisis, pues mientras aquellos autores trabajaron a nivel predial, el presente estudio utilizó provincias como unidades geográficas, diluyendo heterogeneidades intraprovinciales. El suavizado por el estadístico empírico de Bayes, con riesgos relativos entre 0,21 y 1,73, confirma la persistencia de diferencias territoriales no atribuibles al azar, aunque sin alcanzar significancia estadística. En Nariño, Colombia se encontraron resultados similares, donde la agregación espacial desapareció al analizar unidades administrativas mayores ⁽³¹⁾, limitando la detección de patrones de transmisión local.

En virtud de ello, las diferencias provinciales en seropositividad deben interpretarse a la luz de los factores de riesgo locales documentados en la literatura científica contemporánea. En esta dirección, la relevancia de los indicadores socioeconómicos y las prácticas de manejo como determinantes principales de la variabilidad epidemiológica entre territorios se destacó previamente por otros autores ⁽³²⁾. En Perú, se documentaron frecuencias dispares en establos con historiales productivos diferenciados ⁽³³⁾, mientras que en explotaciones con deficiencias sanitarias estructurales graves se notificaron prevalencias elevadas ⁽³⁴⁾. Estos antecedentes sugieren que la heterogeneidad panameña probablemente refleja diferencias sustanciales en la implementación efectiva de buenas prácticas ganaderas, manejo veterinario preventivo y características

poblacionales inherentes entre provincias, más que procesos de contagio geográficamente estructurados entre jurisdicciones vecinas con sistemas productivos y características poblacionales heterogéneas.

De igual manera, las implicaciones productivas de la seropositividad detectada merecen consideración. Las reducciones significativas en la producción láctea asociadas con la infección por VLB, se estiman que producen pérdidas económicas sustanciales en hatos seropositivos ⁽¹¹⁾. En este aspecto, se encontró asociaciones de la enfermedad con ineficiencia reproductiva, incluyendo incremento en el intervalo entre partos y disminución de las tasas de concepción ⁽¹²⁾. Estas observaciones se corroboraron en hatos costarricenses, donde los animales seropositivos exhibieron peor desempeño reproductivo que los seronegativos ⁽¹³⁾. En el contexto panameño, donde la prevalencia del 21,79% afecta a una proporción considerable del hato nacional, estas pérdidas productivas adquieren relevancia económica significativa, justificando la inversión en programas de control y erradicación como medida prioritaria para proteger la competitividad del sector ganadero.

Además, las implicaciones para la salud pública a la luz del conocimiento acumulado merecen atención. En investigaciones previas se sugiere una posible asociación entre la infección por VLB y el desarrollo de cáncer de mama en humanos ^(35,36,37). En Ecuador, estudios realizados enfatizan el carácter emergente de la LBE como problema de salud pública en Ecuador, destacando la urgencia del enfoque de salud única ⁽⁶⁾. En general, la prevalencia estimada de la enfermedad en América del Sur es elevada y se señala la necesidad de evaluar el impacto en salud humana ⁽⁵⁾. Adicionalmente, se ha documentado la presentación de linfosarcomas multisistémicos con influencia genética en la expresión de resistencia ⁽³⁸⁾, mientras que otros autores reportaron presentaciones clínicas inusuales ^(39,40). Estos elementos refuerzan simultáneamente la relevancia de la vigilancia activa.

Finalmente, las limitaciones del presente estudio incluyen el reducido número de unidades geográficas analizadas, la dependencia de datos secundarios de vigilancia pasiva y la ausencia de información individualizada a nivel de rebaño. En estudios anteriores se demostró que el VLB modula la respuesta inmune humoral, afectando la eficacia vacunal ^(41,42). En este sentido, otros autores destacan la importancia de considerar la respuesta inmune al diseñar estrategias de control ⁽⁴³⁾. En posteriores investigaciones se debería abordar análisis de factores de riesgo individuales y el impacto socio-económico de programas de control bajo el marco de una sola salud, siguiendo las recomendaciones de otros autores ^(9,44), así como las experiencias latinoamericanas ^(20,22,27,31,45).

Conclusiones

La leucosis bovina enzoótica constituye un problema sanitario de relevancia para la ganadería panameña, con una seropositividad global que sitúa al país dentro del espectro latinoamericano y refleja la necesidad de fortalecer los programas de vigilancia epidemiológica. La caracterización integrada de las dimensiones temporal y espacial desarrollada en este estudio aporta evidencia preliminar sobre la dinámica de la enfermedad, evidenciando una tendencia ascendente significativa y una distribución geográfica heterogénea que demanda intervenciones diferenciadas. La ausencia de agregación espacial significativa sugiere que los factores determinantes de la transmisión operan de manera sistémica, trascendiendo las fronteras provinciales y requiriendo enfoques de control de cobertura nacional más que estrategias focalizadas en regiones específicas del territorio nacional.

De este modo, los hallazgos temporales revelan la existencia de patrones estacionales definidos con períodos de mayor riesgo de transmisión que deben orientar la planificación calendarizada de las intervenciones sanitarias. La identificación del pico estacional en noviembre y del valle en julio proporciona información valiosa para optimizar el momento de implementación de medidas de bioseguridad, campañas diagnósticas y prácticas de manejo destinadas a reducir la diseminación viral. Asimismo, la tendencia ascendente

sostenida evidencia que las acciones implementadas hasta el momento resultan insuficientes para controlar la progresión de la enfermedad, requiriendo la adopción de estrategias más estructuradas que incorporen el monitoreo continuo, la segregación de animales seropositivos y la implementación rigurosa de buenas prácticas zootécnicas en todos los sistemas productivos.

Acerca de

Financiamiento: Los autores declaran que la investigación no recibió financiamiento externo de ninguna entidad pública o privada.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

Certificación ética: Al tratarse de un análisis retrospectivo de datos secundarios de vigilancia epidemiológica agregados a nivel provincial, no se requirió aprobación de comité de ética ni consentimiento informado, conforme a la normativa nacional e internacional para este tipo de estudios observacionales.

Historia del artículo: Artículo recibido 11 de junio 2026 | Aceptado 09 de julio 2026 | Publicado 20 de agosto 2026.

Referencias

1. Baruta D, Ardoino S, Brandan J, Sosa R, Mariani E, Albretch E. Leucosis bovina enzoótica. Cienc Vet. 2011;13(1):9-16. <https://ojs.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/1855>
2. Benavides B, Laverde L. Virus de leucosis bovina: un enemigo silencioso. Corporación Universitaria Lasallista; 2012. <https://repository.unilasallista.edu.co/items/bcdcf213-9b30-4f9d-9e14-b007179fb839>
3. Verde Guzmán J. Leucosis bovina: actualización sobre los mecanismos de transmisión y estrategias de control y erradicación. 2019. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_00587ded97a3102eda4f32e28c0ce586
4. Leuzzi Junior L, Alfieri A, Alfieri A. Leucose enzoótica bovina e vírus da leucemia bovina. Semina: Ciênc Agrár. 2001;22(2):211-21. <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2055>
5. Brasso N, Fuentealba N, Bravi M, Panei C. Virus de la leucemia bovina: características generales, prevalencia en América del Sur e impacto en la salud animal y humana. Rev Vet. 2025;36(1). <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=16684834&AN=183560258>
6. Labrada-Ching J, Moreira-Morales A, Rodríguez-Gavilanes A. Leucosis bovina enzoótica: enfermedad emergente con implicaciones para salud pública ecuatoriana. Sanitas. 2025;4(especial3):137-55. <https://orcid.org/0009-0008-4667-8235>
7. Durán Canchon S, Durán Canchon S, Bonilla León L. Leucosis bovina enzoótica: presente en Colombia. Universidad Cooperativa de Colombia; 2022. https://redcol.minciencias.gov.co/Record/COOPER2_a754fcf193e0786f2964d872f69b78a/Details

8. Duarte Albarracin M. Leucosis bovina enzoótica [tesis]. Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias; 2018. <https://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/756>
9. Castañeda D, Corredor D, Medellín M. Leucosis bovina enzoótica, revisión sistemática de literatura. Pensam Acción. 2018;(25):1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10155616>
10. Villegas V. Leucosis bovina enzoótica [tesis]. Universidad de La Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2015. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/8a00a020-8eb3-4794-adb8-b959c3b4a38d>
11. Cadavid Gutiérrez L. Impacto del virus de la leucosis bovina en la producción de leche [tesis]. Universidad Nacional de Colombia; 2012. <https://repositorio.unal.edu.co/items/0dedd8c7-0ad0-4cf5-983a-b5ed6cea3712>
12. Chamizo E. Leucosis bovina enzootica como causa de ineficacia reproductiva en el ganado lechero. ARA Arch Reprod Anim. 2000;(12):40-1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4031716>
13. Romero J, Dávila G, Beita G, Dolz G. Relación entre el estado serológico a leucosis bovina enzoótica y parámetros reproductivos en hatos lecheros especializados de Costa Rica. Agron Costarricense. 2015;39(2):7-18. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242015000200007
14. Felmer R, Zúñiga J, Recabal M. Estudio comparativo de un PCR anidado, ELISA y AGID en la detección del virus de la leucosis bovina en muestras de suero, sangre y leche. Arch Med Vet. 2006;38(2):137-41. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301-732X2006000200007&script=sci_arttext
15. Rama G, Meikle A, Puentes R, Moratorio G, Nicolini P, Pessina P, Furtado A, Pritsch O. Estudio comparativo de tres técnicas diagnósticas para la Leucosis Enzoótica Bovina y análisis del efecto de enfermedades concurrentes sobre la fórmula leucocitaria. Vet (Montevideo). 2010;46(177-180):15-22. <https://revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/163>
16. Rama G, Pritsch O, Adrien M, Moratorio G, Meikle A. Análisis del descenso de anticuerpos en el periparto y su impacto en el diagnóstico serológico de la Leucosis Enzoótica Bovina. Vet (Montevideo). 2012;48(185):11-7. <https://www.revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/195>
17. Almansa Manrique J, Mariño de Peña O, Martínez S, Carpintero de Jimeno M. Proteínas séricas en el diagnóstico diferencial de la leucosis bovina enzoótica (LBE). Instituto Colombiano Agropecuario; 1994. <https://repository.agrosavia.co/items/5e5c4ea1-3830-4170-a104-703eaa864f0c>
18. Hernández-Herrera D, Posso-Terranova A, Benavides J, Muñoz-Flórez J, Giovambattista G, Álvarez-Franco L. Detección del virus de la leucosis bovina en ganado criollo colombiano mediante PCR-anidado. Acta Agron. 2011;60(4):312-8. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122011000400003&script=sci_arttext
19. Medina Ramírez A, Sandoval Elías J. Panorama actual de la leucosis bovina. 2012. <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:https://repositorio.uaaan.mx:123456789-3299/Description>

20. Barreto G, Corredor D, Marín M. Detección molecular del virus de la leucosis bovina: un estudio por conglomerados en Colombia. *Rev Cienc Agric.* 2016;13(2):47-55. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5711994>
21. Úsuga-Monroy C, Echeverri-Zuluaga J, López-Herrera A. Detección molecular y serológica del virus de la leucosis bovina en una población de vacas Holstein, de Colombia. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2018;9(2):387-99. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242018000200387&script=sci_arttext
22. Jiménez Sánchez J, Bulla-Castañeda D, Díaz-Anaya A, García-Corredor D, Pulido-Medellín M. Determinación serológica del virus de leucosis enzoótica bovina (VLEB) en el municipio de Paipa, Boyacá (Colombia). *Rev Mex Cienc Pecu.* 2022;13(1):200-10. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242022000100200&script=sci_arttext
23. Quintero Castro N. Detección molecular y serológica del virus de la leucosis bovina enzoótica en una finca lechera del municipio de Sibaté, Cundinamarca [tesis]. Universidad de La Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2017. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/cd149701-d7c0-4e4f-8c72-36d0d76ac62f>
24. Bautista N, Nova Y, Pulido M, Andrade R. Determinación serológica de leucosis bovina enzoótica en novillas de levante y vacas adultas de la vereda Morichal, Yopal, Casanare. *Rev Cienc Agric.* 2013;10(1):31-7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4986474>
25. Silva R, Muñoz J, Bedón D. seropositividad de la Leucosis bovina enzoótica en bovinos de producción lechera: impacto patogénico y relación con la raza, edad y producción de leche. *Cienc Lat Rev Cient Multidiscip.* 2025;9(2):5229-41. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/17288>
26. Panei C, Tassara F, Pérez Aguirreburualde M, Echeverría M, Galosi C, Torres A, Sila H. seropositividad de infección por el virus de leucosis bovina durante 2015 en rodeos de cría de la Zona Deprimida del Río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Analecta Vet.* 2017;37. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61045>
27. Andrade O, Castro J, Loja J, Haro A, Picón M, Dután J, Yunganauela M, Cárdenas J, Rojas A. Implementación de un plan sanitario para el control de Leucosis Bovina en una explotación lechera en Cuenca, Ecuador. *Arch Latinoam Prod Anim.* 2024;32(Supl 1):127-30. <https://revista.alpaenlinea.org/index.php/alpa/article/view/3341>
28. Nava Z, Obando C, Molina M, Bracamonte M, Tkachuk O. seropositividad de la leucosis enzoótica bovina y su asociación con signos clínicos y factores de riesgo en rebaños lecheros del estado Barinas, Venezuela. *Rev Fac Cienc Vet.* 2011;52(1):13-23. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-65762011000100003
29. Váscquez-Hernández A, Sandoval-Valencia P, Puga-Torres B, De La Cueva-Jácome F. seropositividad de leucosis enzoótica bovina en animales entre 6 a 24 meses en las provincias de Manabí, Pichincha y Chimborazo-Ecuador. *LA GRANJA Rev Cienc Vida.* 2017;26(2):131-41. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962017000100131
30. Felmer R, Zúñiga J, López A, Miranda H. Prevalencia y distribución espacial de brucelosis, leucosis bovina, diarrea viral bovina y rinotraqueítis infecciosa bovina a partir del análisis ELISA de estanques prediales en lecherías de la IX Región, Chile. *Arch Med Vet.* 2009;41(1):17-26. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301-732X2009000100003&script=sci_arttext

31. Arévalo Ocaña A, Quinchoa Quinchoa L. Correlación serológica y hematológica de la leucosis enzoótica bovina dentro del proyecto piloto de excelencia sanitaria en Guachucal, Nariño [tesis]. Universidad de Nariño; 2022. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/16825>
32. Tobón Torreglosa J. Indicadores epidemiológicos y socioeconómicos de la Leucosis Bovina Enzoótica en el municipio de Tame; Alternativas para la prevención y control [tesis]. Universidad de La Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2024. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/baf87611-59dd-4fd4-88f3-efbe071e591a>
33. Espinoza Vásquez S. Frecuencia de las diferentes formas de presentación de Leucosis Enzoótica Bovina en un establo lechero con antecedentes de alta prevalencia, Huaral, Lima, Perú 2019 [tesis]. 2019. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_ef632bdc58a30ee2033b89979a8a2c96
34. Garcés Sánchez S, Latorre Ramos M. Presencia de Leucosis Enzoótica Bovina en la hacienda La Española en Quimbaya, Quindío [tesis]. Universidad Tecnológica de Pereira; 2020. <https://repositorio.utp.edu.co/items/ad0c258d-aff1-4243-a286-4aff2c9e1c4e>
35. Porras Ramírez A, Rico Mendoza F, Del Real Navarro M. Leucosis bovina enzoótica como posible factor de riesgo en el desarrollo de cáncer de mama en humanos: revisión sistemática [tesis]. Universidad El Bosque; 2022. <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/4aa90e79-d356-47c8-8184-925716b2e77a>
36. Margioulas-Siarkou G, Margioulas-Siarkou C, Vavoulidis E, Flindris S, Petousis S, Haitoglou C, Mavromatidis G, Dinas K. Viral Genomic Footprints in Breast Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis of Tissue-Based Detection of Epstein-Barr Virus and Bovine Leukemia Virus. *Int J Mol Sci.* 2026 15;27(10):4452. <https://doi.org/10.3390/ijms27104452>
37. Saeedi-Moghaddam F, Mohammaditabar M, Mozhgani SH. Bovine leukemia virus (BLV) and risk of breast cancer; a systematic review and meta-analysis. *Retrovirology.* 2024 3;21(1):20. <https://doi.org/10.1186/s12977-024-00653-y>
38. Morales-Crispín L, Rosales-Martínez F, Retureta-Aponte A, Madrigal-Regalado A, Villalva-Cruz D. Linfomas multisistémicos por leucosis enzoótica bovina e importancia de la influencia genética en la expresión de resistencia/adaptación. *Rev Biológico Agropecuaria Tuxpan.* 2025;13(1):160-72. <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/619>
39. Mació M, Savoretti C, Fernandez J, D'elia F, Magnano G. Leucosis enzoótica bovina: presentación de un caso con sintomatología nerviosa. *Ab Intus.* 2026;9(17). https://www.ayv.unrc.edu.ar/ojs/index.php/Ab_Intus/article/view/195
40. Salinas E, Martínez N, Casas F, Casillas E, Serna P. Leucosis cutánea en un bovino Holstein neonato. Informe de un caso en México. *Vet Mex.* 1994;25(4):353-6. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=23910>
41. Mionetto Cabrera M, Rodríguez Terra A, Puentes R, de Brun L. Asociación entre leucosis bovina enzoótica y la respuesta inmune humoral natural contra enfermedades infecciosas de interés reproductivo. 2018. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124543/records/670535bab1dfe472e145fdff>
42. Silva Sena V, De Brun L, Puentes R. Asociación entre la infección con el virus de la leucosis bovina enzoótica (BLV) y la respuesta inmune humoral ante la vacunación contra fiebre aftosa y *Clostridium perfringens*. 2018. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124543/records/670535bab1dfe472e145fe04>

43. Skuras Vignoli V, de Brun L. Evaluación de la respuesta inmune en la vacunación a campo de bovinos infectados con el virus de la leucosis bovina enzoótica. 2024. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124543/records/670535cfb1dfe472e1460406>
44. Furtado A, Rosadilla D, Franco G, Piaggio J, Puentes R. Leucosis Bovina Enzoótica en cuencas lecheras de productores familiares del Uruguay. Vet (Montevideo). 2013;49(191):29-37. <https://revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/241>
45. Occhi H, Canal A, Perez E, Maletto E, Gastaldi R, Esteban E. Seropositividad a leucosis bovina enzoótica y procesos linfosarcomatosos en inspección de mataderos en vacas de descarte de la cuenca lechera central. 2002. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-AGRO:28101/Description>