

# Factores demográficos y ambientales en la variabilidad regional de la enfermedad de Chagas en Colombia

Demographic and environmental factors in the regional variability of Chagas disease in Colombia

Alexandra Hurtado-Ortiz<sup>1,2\*</sup> , J Moreno-Montoya<sup>1,3</sup> 

 \*alexandrajhop@gmail.com

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia

<sup>2</sup> Fundación Cardiovascular de Colombia, Piedecuesta, Colombia

<sup>3</sup> Fundación Santa Fe de Bogotá. Bogotá, Colombia.

Recibido: 29/08/2025 Aprobado: 21/10/2025

## Resumen

**Introducción:** La enfermedad de Chagas (EC) es una infección endémica relevante en América Latina, con entre 6 y 8 millones de personas infectadas. Su transmisión presenta variabilidad influenciada por factores ambientales (precipitación, temperatura, deforestación) y sociales (pobreza, ruralidad, vivienda precaria). **Objetivo:** Analizar la variabilidad regional y temporal de la EC en Colombia entre 2015 y 2022, y su asociación con factores sociales, demográficos y ambientales. **Metodología:** Estudio ecológico analítico con datos del SIVIGILA. Se estimaron tasas brutas y estandarizadas por sexo, municipio y año. La asociación con determinantes socioambientales se evaluó mediante modelos lineales generalizados y regresión de panel. Se aplicaron pruebas de estacionariedad y modelos ARIMA para el análisis temporal, también se llevaron a cabo modelos multinivel binomiales negativos con efectos mixtos y se evaluó la dependencia espacial mediante el índice de Moran. **Resultados:** Entre 2015 y 2022 se notificaron 47.847 casos de EC en Colombia, el 56,6 % en mujeres. Las tasas estandarizadas oscilaron entre 0,29 y 0,99 por 100.000 habitantes, con tendencia descendente desde 2016. Las regiones de los Llanos y Oriente mostraron mayor incidencia que la Amazonía. La pobreza multidimensional ( $RTI=1,15$ ; IC95%: 1,08–1,21) y el sexo femenino ( $RTI=1,40$ ; IC95%: 1,10–1,77) se asociaron con mayor riesgo. Asimismo, durante el período de estudio persistieron conglomerados de alta incidencia en Santander, Boyacá y Arauca. **Conclusiones:** La EC en Colombia presenta marcada heterogeneidad espaciotemporal; se asocia positivamente con la pobreza multidimensional y las desigualdades de género, hallazgos que respaldan intervenciones territoriales focalizadas y sostenibles.

**Palabras clave:** Enfermedad de Chagas; Análisis Espacial; Modelos Estadísticos; Epidemiología; Fenómenos Ecológicos y Ambientales; Vigilancia en Salud Pública

**Forma de citar:** Hurtado-Ortiz A, Moreno-Montoya J. Factores demográficos y ambientales en la variabilidad regional de la enfermedad de Chagas en Colombia. Salud UIS. 2025; 57: e: 25v57a34. doi: <https://doi.org/10.18273/saluduis.57.e:25v57a34>



## Abstract

**Background:** Chagas disease (CD) is a major endemic infection in Latin America, affecting an estimated 6 to 8 million people. Its transmission exhibits considerable variability influenced by environmental factors (rainfall, temperature, deforestation) and social conditions (poverty, rurality, inadequate housing). **Objective:** To analyze the regional and temporal variability of CD in Colombia from 2015 to 2022 and its association with social, demographic, and environmental factors. **Methods:** An analytical ecological study was conducted using data from SIVIGILA. Crude and age-standardized incidence rates were estimated by sex, municipality, and year. Associations with socio-environmental determinants were assessed using generalized linear models and panel regression. Temporal dynamics were examined with stationarity tests and ARIMA models, while multilevel negative binomial models were fitted (menbreg), and spatial dependence was evaluated using Moran's I index. **Results:** Between 2015 and 2022, a total of 47,847 CD cases were reported in Colombia, 56.6% of them in women. Standardized incidence rates ranged from 0.29 to 0.99 per 100,000 inhabitants, showing a declining trend since 2016. The Llanos and Eastern regions exhibited higher incidence than the Amazon region. Multidimensional poverty (IRR = 1.15; 95% CI: 1.08–1.21) and female sex (IRR = 1.40; 95% CI: 1.10–1.77) were associated with increased risk. The regions of Santander, Boyacá, and Arauca exhibited persistent high-incidence clusters across the analyzed timeframe. **Conclusions:** CD in Colombia displays marked spatiotemporal heterogeneity and is positively associated with multidimensional poverty and gender disparities, these findings underscore the need for targeted, territory-sensitive, and sustainable interventions.

**Keywords:** Chagas Disease; Spatial Analysis; Models, Statistical; Epidemiology; Ecological and Environmental Phenomena; Public Health Surveillance.

---

## Introducción

La enfermedad de Chagas (EC), causada por *Trypanosoma cruzi*, es una de las principales enfermedades tropicales desatendidas y representa un importante problema de salud pública en América Latina. Se estima que entre seis y ocho millones de personas están infectadas en el mundo, la mayoría en esta región<sup>1</sup>. En Colombia, la carga es considerable: la OMS reporta cerca de 435.000 casos prevalentes, mientras que el Instituto Nacional de Salud (INS) estima entre 700.000 y 1,2 millones de personas afectadas<sup>2,3</sup>. La distribución geográfica es heterogénea, con prevalencias elevadas en Arauca (21,1%), Casanare (11–15%) y Santander (3,2–6,3%), y focos críticos en la Sierra Nevada de Santa Marta (33,5–36,9% en recién nacidos) y Casanare (hasta 15,4%)<sup>3</sup>.

La EC se asocia con condiciones poblacionales y sociales específicas. Las personas con bajo nivel educativo tienen mayor riesgo de infección (OR: 3,43;  $p=0,03$ ), y la población hispana presenta una probabilidad significativamente más alta frente a blancos y afrodescendientes (OR: 25,85;  $p<0,0001$ )<sup>4</sup>. En cuanto a la ocupación, las amas de casa representan hasta el 34,8% de los casos de cardiomiopatía chagásica crónica<sup>5</sup>. La mortalidad es mayor en hombres (1,61 veces) y en mayores de 65 años, con tasas de hasta 1.296 por 100.000 habitantes<sup>6,7</sup>.

Los factores ambientales también influyen en la variabilidad regional. Las viviendas con paredes de barro incrementan diez veces el riesgo de transmisión (OR: 10,05; IC95%: 5,31–18,04;  $p=0,0001$ ), los techos de cartón hasta seis veces (OR: 6,84; IC95%: 1,49–31,31;  $p=0,013$ ) y el hacinamiento triplica el riesgo (OR: 3,0; IC95%: 1,2–7,5)<sup>8,9</sup>. En comunidades pobres, el 66,8% de las viviendas tienen suelos de tierra y más del 45% paredes de adobe o quincha, condiciones que favorecen la infestación por triatomínos<sup>10</sup>. A nivel ecológico, la temperatura, la precipitación y la humedad relativa determinan la distribución de *Rhodnius prolixus* y *Triatoma infestans*, modulando su reproducción y densidad<sup>11,12</sup>. Procesos antrópicos como la deforestación, la minería y la ganadería intensifican además la adaptación de los vectores al ambiente doméstico<sup>13,14</sup>.

Pese a los avances en la vigilancia y control vectorial, en Colombia persisten vacíos importantes en la caracterización espaciotemporal de la EC a escala municipal y multianual. La mayoría de los estudios disponibles se han limitado a regiones endémicas específicas o a períodos breves de observación, lo que restringe la detección de tendencias de largo plazo, la identificación de clústeres emergentes y el análisis de desigualdades territoriales en la notificación<sup>15,16</sup>. Además, son escasos los trabajos que integran de forma simultánea dimensiones sociales, ambientales y demográficas en el análisis de la distribución de la enfermedad, pese a su relevancia para comprender los determinantes estructurales de la transmisión.

El presente estudio aborda estos vacíos mediante un enfoque epidemiológico integrador, basado en los registros oficiales de vigilancia (SIVIGILA) con cobertura nacional y desagregación municipal para el periodo 2015–2022. Esta estrategia permite estimar variaciones interanuales, identificar municipios con persistencia de alta carga y cuantificar cambios en la distribución geográfica, aportando evidencia útil para la planificación y focalización de intervenciones. Los hallazgos generados ofrecen insumos para fortalecer la búsqueda activa de casos, el tamizaje prenatal y el control vectorial, optimizando el uso de recursos y alineándose con las metas de eliminación establecidas por la OMS y la OPS<sup>17</sup>. En este contexto, el objetivo del estudio fue analizar la variabilidad regional y temporal de la enfermedad de Chagas en Colombia entre 2015 y 2022, y su asociación con factores sociales, demográficos y ambientales.

## Metodología

### Diseño y población

Se realizó un estudio ecológico analítico basado en fuentes secundarias, con el propósito de evaluar la variabilidad regional y temporal de la EC en Colombia y su asociación con factores demográficos, sociales y ambientales. La unidad de análisis correspondió a la frecuencia anual de casos notificados en cada uno de los 1.122 municipios del país entre 2015 y 2022, agrupados en las siete regiones definidas por el artículo 45 de la Ley 2056 de 2020: Amazónica, Eje Cafetero, Oriente, Llanos, Pacífico, Caribe y San Andrés<sup>18</sup>.

### Fuente de información

Se incluyeron todos los casos confirmados de EC registrados en el SIVIGILA durante el período 2015–2022. Los casos se identificaron mediante el código de evento 205, que contempla tanto la forma aguda como la cardiopatía chagásica crónica, según los criterios clínicos, epidemiológicos y de laboratorio establecidos en los protocolos nacionales. Estas cifras reflejan notificación y no la prevalencia estimada de infección a nivel nacional. La información poblacional y sociodemográfica se obtuvo del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), incluyendo proyecciones y retroproyecciones censales, así como indicadores como el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM)<sup>19</sup>, la tasa de alfabetización, la cobertura de educación secundaria y el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)<sup>20</sup>.

Las variables ambientales se extrajeron del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) e incluyeron precipitación anual promedio, temperatura media, humedad relativa, deforestación y cobertura boscosa. Adicionalmente, se incorporaron indicadores sociales y contextuales: densidad poblacional, hectáreas sembradas con cultivos de coca (Observatorio de Drogas de Colombia), tasas de homicidios (Policía Nacional) y el Índice de Incidencia del Conflicto Armado (IICA), derivado del Departamento Nacional de Planeación. El IICA es un indicador sintético a nivel municipal que integra registros de violencia y victimización (acciones armadas, homicidios, secuestros, desplazamiento, minas antipersonal y cultivos de coca), actualizados con la inclusión de homicidios de líderes sociales y excombatientes desde 2017. Este índice cuantifica la intensidad territorial del conflicto armado en una escala continua<sup>21</sup>.

Los valores ambientales se agregaron a nivel municipal como promedios anuales. En los casos con datos faltantes, se aplicó interpolación bilineal, garantizando la coherencia con los valores departamentales y la estabilidad temporal de las series. Aunque estas estrategias reducen el sesgo potencial, se reconoce que no eliminan completamente la incertidumbre asociada al subregistro endémico en vigilancia epidemiológica. Con el fin de asegurar la calidad y consistencia de la información, se implementaron rutinas de validación que comprendieron: detección y eliminación de registros duplicados; conciliación de inconsistencias entre códigos DANE, año calendario y conteo de casos; depuración de valores extremos y revisión de coherencia interna; y evaluación del posible subregistro mediante la comparación de los agregados municipales con los informes anuales oficiales del Instituto Nacional de Salud.

## Variables

Se incluyeron todos los casos confirmados de EC reportados durante el periodo de estudio. Se excluyeron los municipios ubicados por encima de 2.000 metros sobre el nivel del mar, debido a que los vectores transmisores no se establecen de forma sostenida en altitudes superiores<sup>22</sup>. Esta decisión mejora la especificidad ecológica del análisis y reduce la inclusión de áreas no expuestas al vector. Sin embargo, se reconoce que podrían excluirse algunos casos aislados de transmisión no vectorial (congénita o transfusional) o notificaciones importadas, aunque este tipo de transmisión es el menos frecuente en regiones endémicas.

La variable dependiente fue el número de casos confirmados de EC notificados por municipio y año, expresado como tasa bruta y tasa estandarizada por sexo. Las variables independientes abarcaron indicadores demográficos (alfabetización, densidad poblacional), sociales (IPM, NBI, cobertura educativa, homicidios, hectáreas de coca, IIICA) y ambientales (precipitación, temperatura, humedad, deforestación y cobertura boscosa). Las decisiones analíticas relativas a la operacionalización, codificación, categorización y escalas de medición de las variables se detallan en el **Anexo Tabla I**. En los modelos multivariados, se utilizó como categoría de referencia aquella con menor exposición o vulnerabilidad (por ejemplo, región Amazónica, sexo masculino o cuartil inferior de pobreza).

## Análisis estadístico

Se calcularon medidas de frecuencia y dispersión para los casos confirmados de EC, desagregadas por municipio, región, año y variables independientes. Se estimaron tasas brutas y estandarizadas por sexo, utilizando como población estándar la distribución de 49 % hombres y 51 % mujeres. Las diferencias entre regiones se evaluaron con la prueba de Kruskal–Wallis, considerando  $p < 0,05$  como estadísticamente significativa.

La selección de métodos analíticos respondió a la necesidad de capturar la complejidad espaciotemporal de la enfermedad. En primer lugar, la asociación entre las tasas ajustadas de EC y las variables socioambientales se analizó mediante modelos lineales generalizados (GLM) ajustados por año y sexo, lo que permitió estimar la magnitud y dirección de los efectos de cada determinante, expresados como coeficientes  $\beta$  con sus intervalos de confianza del 95%. Posteriormente, se implementaron modelos de regresión de panel con efectos mixtos, que incorporaron la dimensión temporal (años) y la variabilidad regional como efectos fijos, permitiendo controlar la heterogeneidad no observada y la autocorrelación temporal.

Para explorar la dinámica temporal, se emplearon modelos ARIMA (autorregresivos integrados de media móvil), adecuados para identificar tendencias, fluctuaciones anuales y evaluar la estacionariedad de las series. La combinación de estos enfoques (GLM, panel y ARIMA) permitió integrar perspectivas transversales, longitudinales y temporales, fortaleciendo la robustez de la inferencia y la validez de los resultados. Se evaluó la colinealidad entre variables mediante el factor de inflación de la varianza (VIF), excluyendo aquellas con  $VIF > 5$ . El ajuste global de los modelos se verificó mediante la prueba de razón de verosimilitud ( $\chi^2$ ) ( $p < 0,001$ ). Para el análisis de series temporales, la estacionariedad se evaluó mediante las pruebas Dickey–Fuller aumentada (ADF)<sup>23</sup> y Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS)<sup>24</sup>; en caso necesario, se aplicó diferenciación para lograr estacionariedad, y los modelos ARIMA se seleccionaron según los criterios AIC y BIC.

La naturaleza agrupada y la sobredispersión de los datos se abordaron mediante modelos de regresión binomial negativa de efectos mixtos, calculando razones de tasas de incidencia (RTI) con intervalos de confianza del 95 %. Los datos se estructuraron en dos niveles: (i) observaciones anuales de casos por municipio y (ii) regiones geográficas, modeladas como efectos fijos. La sobredispersión se verificó comparando los modelos Poisson y binomial negativa. Finalmente, la dependencia espacial se exploró con el índice global de Moran aplicado a las tasas estandarizadas municipales, usando una matriz de pesos tipo reina, y con los indicadores locales de autocorrelación espacial (LISA) para identificar conglomerados significativos (Alta-Alta y Baja-Baja), estratificados por sexo y año. Todos los análisis se realizaron en Stata v16 y R v4.5.1.

## Resultados

Entre 2015 y 2022 se notificaron 47.847 casos confirmados de EC en Colombia en el SIVIGILA, 56,63 en mujeres. La distribución anual mostró variabilidad, con un mayor número de notificaciones en 2015 y una tendencia en descenso hasta alcanzar el valor más bajo en 2020. Posteriormente, se observó una ligera recuperación en 2021 y 2022. A nivel municipal, la mediana anual fue de 0 casos, aunque se registraron municipios con hasta 95 notificaciones en un solo año. Las tasas brutas y estandarizadas (TB y TE) de incidencia fluctuaron en todo el período analizado. A nivel nacional, las TE oscilaron entre 0,29 y 0,99 por 100.000 habitantes. La tendencia general fue de disminución sostenida a partir de 2016 (**Tabla 1**). Al analizar por sexo, se evidenció una mayor incidencia en mujeres en comparación con los hombres, con diferencias significativas en regiones como los Llanos y el Oriente (**Anexo Tabla 2**).

**Tabla 1.** Distribución anual del número de atenciones por RIPS y casos notificados por SIVIGILA de enfermedad de Chagas por municipios y regiones de Colombia.

Año	Municipio*	p25-p75	Región*	p25-p75	TB	TE
2015	0 (0-43)	1-3	45 (3-146)	8-83	1,96	0,99
2016	0 (0-49)	1-4	9 (1-149)	2 – 107	1,53	0,77
2017	0 (0-25)	1-3	14 (1-90)	3-52	1,14	0,57
2018	0 (0-59)	1-4	35,5 (2-110)	9,5 – 96	1,74	0,87
2019	0 (0-48)	1-3	16 (1-89)	2-47	0,84	0,42
2020	0 (0-26)	1-4	8 (1-48)	6-26	0,57	0,29
2021	0 (0-95)	1-4	31,5 (1-155)	2-82	1,76	0,88
2022	0 (0-38)	1-2	31 (1-118)	2-55	1,30	0,66
Total	0 (0-95)	1-3	19 (1-155)	3-61	-	-

\*Mediana (mínimo-máximo); TB: tasa bruta; TE: tasa estandarizada

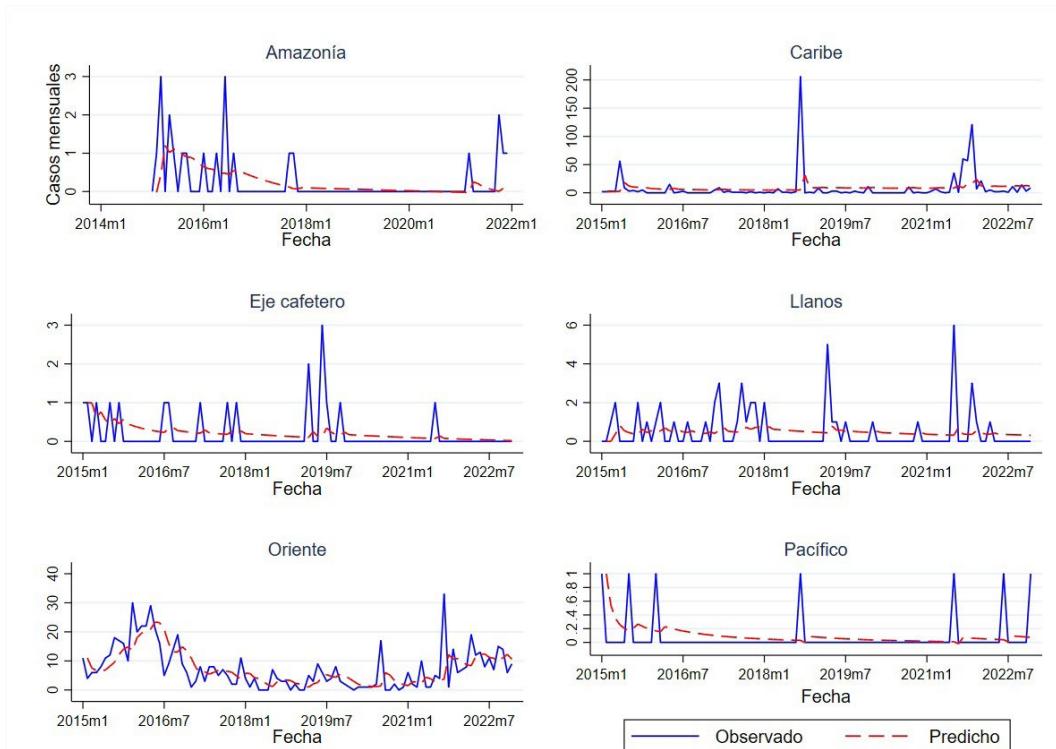
El análisis mediante GLM mostró diferencias significativas en la distribución regional de la EC. En comparación con la Amazonía, las tasas estandarizadas fueron significativamente más altas en los Llanos (coef. = 3,45; IC95%: 2,79–4,10;  $p < 0,001$ ) y en la región Oriente (coef. = 1,33; IC95%: 0,67–1,98;  $p < 0,001$ ). En contraste, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en Caribe (coef. = 0,42;  $p = 0,205$ ), Eje Cafetero (coef. = 0,18;  $p = 0,667$ ) ni Pacífico (coef. = -0,09;  $p = 0,827$ ). Adicionalmente, se identificó una asociación positiva entre el sexo femenino y una mayor probabilidad de notificación de casos (coef. = 0,74; IC95%: 0,34–1,14;  $p < 0,001$ ).

Al evaluar las condiciones ambientales y sociales, El Eje Cafetero y los Llanos presentaron la mayor humedad relativa (medianas: 99,7 % y 100 %, respectivamente), mientras que el Caribe registró valores mínimos (0 %). La temperatura más alta se registró en el Caribe (26,9 °C) y la más baja en el Oriente (18,5 °C). Las precipitaciones fueron elevadas en los Llanos (mediana: 2919,1 mm) y en el Eje Cafetero (2447,6 mm). En cuanto a cobertura educativa, el Caribe reportó la mayor mediana (90,7 %) y San Andrés la menor (35,3 %). La densidad poblacional varió ampliamente, destacándose el Eje Cafetero (hasta 15.388 habitantes/km<sup>2</sup>) y en San Andrés (254,85 hab/km<sup>2</sup>). La tasa de homicidios fue alta en el Pacífico (mediana: 47,9 por 100.000 habitantes) y en el Eje Cafetero (39,3). La mediana de alfabetización alcanzó su valor más alto en el Caribe (13,3 por 100.000), mientras que San Andrés presentó el valor más bajo (1,28). Las hectáreas con cultivos de coca fueron más abundantes en la Amazonía (mediana: 552,8 ha) y en el Pacífico (184,5 ha). Los niveles de IPM fueron más altos en el Caribe (mediana: 52) y en el Pacífico (43,4), al igual que las NBI y el índice de miseria, que alcanzaron máximos de 66,1 % y 30,4 %, respectivamente, en el Pacífico. El IICA mostró valores bajos en general, aunque con máximos en el Eje Cafetero (hasta 1,37) y el Pacífico (1,72) (**Anexo Tabla 3**).

El análisis de regresión de panel con efectos fijos evidenció una asociación negativa y significativa entre el índice de incidencia de conflicto armado y la TE de EC (coef. = -6,36; IC95%: -11,31 a -1,42; p = 0,012). El sexo femenino mostró una asociación positiva significativa (coef. = 0,80; IC95%: 0,45–1,15; p < 0,001). La deforestación, el índice de pobreza multidimensional, las hectáreas de coca, la densidad poblacional y la tasa de homicidios no mostraron asociaciones significativas con la enfermedad.

### Análisis temporal

Al evaluar la estacionariedad de las series temporales de casos de enfermedad de Chagas en SIVIGILA, la prueba de ADF aumentada mostró que las series originales fueron estacionarias en la Amazonía ( $p=0,033$ ), Caribe ( $p<0,001$ ), Eje Cafetero ( $p<0,001$ ), Llanos ( $p<0,001$ ) y Pacífico ( $p<0,001$ ). En contraste, en la región Oriente las series no fueron estacionarias en nivel ( $p=0,067$ ), aunque alcanzaron estacionariedad tras la diferenciación ( $p<0,001$ ). De forma complementaria, la prueba de KPSS indicó que Caribe ( $p=0,056$ ), Eje Cafetero ( $p=0,077$ ) y Llanos ( $p=0,049$ ) fueron estacionarios en nivel, mientras que Oriente ( $p=0,850$ ) y Pacífico ( $p=0,157$ ) lograron estacionariedad después de la diferenciación. En el análisis de series de tiempo para EC por SIVIGILA, se observa que en la mayoría de las regiones (Amazonía, Eje Cafetero, Pacífico y Llanos), los modelos ARIMA capturan adecuadamente la tendencia descendente o los bajos niveles de casos, aunque con menor capacidad para anticipar picos esporádicos. En regiones como el Caribe y el Oriente, donde se observaron fluctuaciones más marcadas y picos pronunciados, las predicciones tendieron a subestimar los valores reales (Figura 1).



**Figura 1.** Comportamiento temporal y predicción de casos mensuales de enfermedad de Chagas por región en Colombia (SIVIGILA 2015–2022), mediante modelos ARIMA.

El análisis de las tasas de EC, mostró una disminución sostenida y significativa en la incidencia reportada desde 2016 en comparación con 2015, con razones de incidencia cercanas a cero a partir de 2018. El IPM se asoció con un mayor riesgo de notificación (RTI: 1,15;  $p<0,001$ ). Además, el sexo femenino presentó una mayor incidencia que el masculino (RTI: 1,4;  $p=0,006$ ). Geográficamente, las regiones de los Llanos y el Oriente presentaron un riesgo significativamente más alto que la región Amazónica (categoría de referencia), mientras que la región Pacífica mostró un riesgo menor (RTI: 0,10;  $p<0,001$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Modelo multinivel binomial negativo de incidencia de Chagas en Colombia (SIVIGILA 2015–2022).

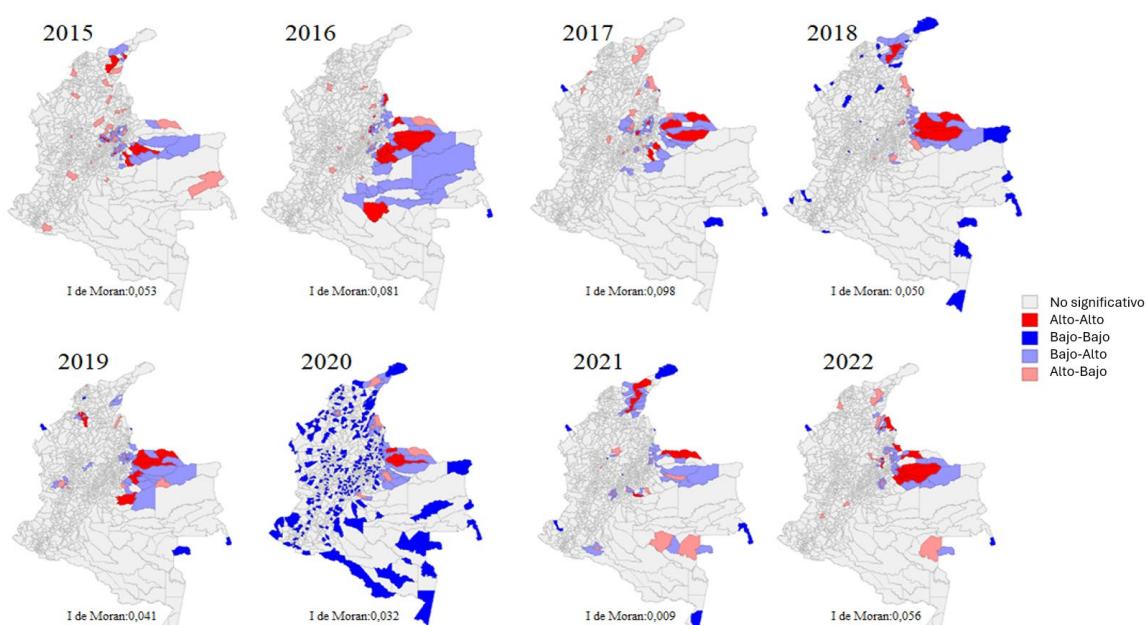
Variable	Razones de tasas de incidencia	IC 95%	Valor p
<b>Año</b>			
2016	0,58	0,37 – 0,92	0,021
2017	0,42	0,19 – 0,92	0,031
2018	0,00	0,00 – 0,02	<0,001
2019	0,00	0,00 – 0,02	<0,001
2020	0,00	0,00 – 0,02	<0,001
2021	0,00	0,00 – 0,06	<0,001
2022	0,00	0,00 – 0,04	<0,001
IPM	1,15	1,08 – 1,21	<0,001
Sexo (mujer)	1,4	1,10 – 1,77	0,006
<b>Región*</b>			
Caribe	1,45	0,72 – 2,92	0,301
Eje cafetero	0,31	0,09 – 1,07	0,064
Llanos	20,69	11,19 – 38,26	<0,001
Oriente	15,84	9,75 – 25,73	<0,001
Pacífico	0,1	0,04 – 0,22	<0,001

IPM: Índice de Pobreza Multidimensional.

\* Referencia: Amazonía. San Andrés no se modeló por cero estructural/varianza nula durante 2015–2022; por tanto, no se reporta coeficiente para esta región.

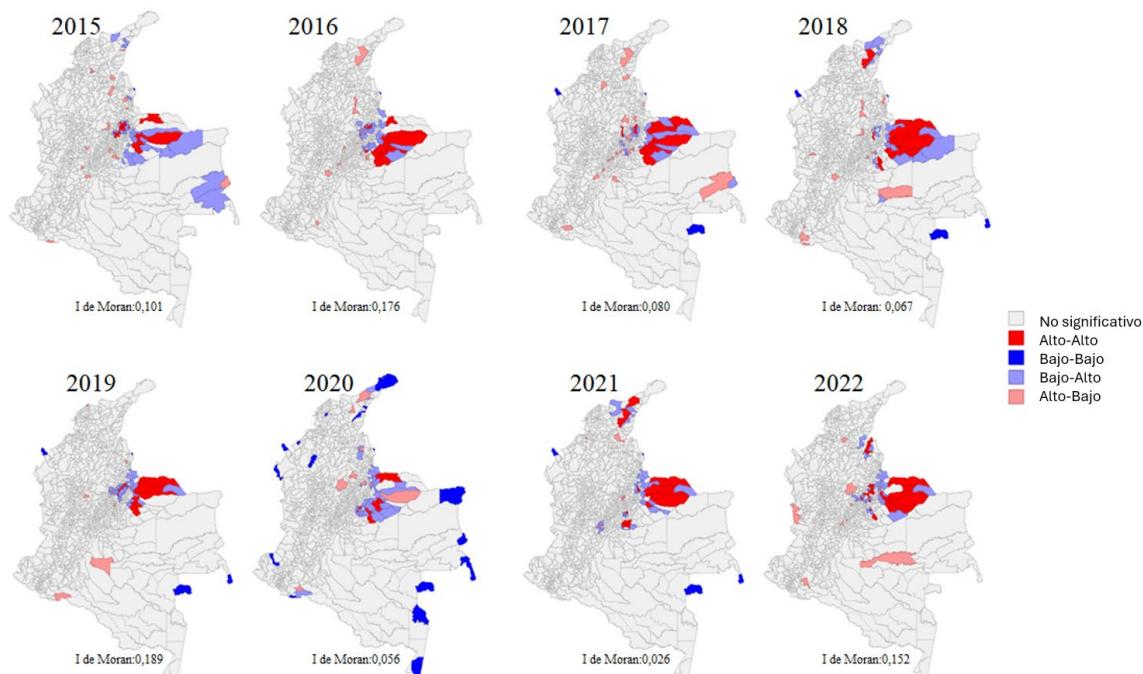
### Análisis espacial

El análisis espacial confirmó patrones de concentración territorial. Se identificó autocorrelación positiva significativa en todos los años (Moran's I entre 0,280 y 0,495;  $p < 0,001$ ), en Hombres se identificaron conglomerados espaciales significativos de alta incidencia (Alta-Alta) principalmente en el norte del país, con concentración en los departamentos de Cesar, Magdalena y Bolívar, así como en el oriente, especialmente en Arauca. En 2020 se observó una mayor dispersión espacial, con predominio de conglomerados de baja incidencia (Baja-Baja) distribuidos en varios municipios del país ([Figura 2](#)).



**Figura 2.** Clusters espaciales significativos en las tasas estandarizadas de enfermedad de Chagas por SIVIGILA en Colombia en Hombres, 2015–2022 (Moran's I,  $p < 0,001$ )

Entre 2015 y 2022 se identificaron patrones espaciales significativos en la distribución de las tasas estandarizadas de enfermedad de Chagas en mujeres en Colombia, con una tendencia persistente de conglomerados de alta incidencia (Alta-Alta) principalmente en los departamentos de Santander, Boyacá y Arauca. En contraste, se observaron conglomerados de baja incidencia (Baja-Baja) en zonas del suroccidente y Caribe colombiano ([Figura 3](#)).



**Figura 3.** Clusters espaciales significativos en las tasas estandarizadas de enfermedad de Chagas por SIVIGILA en Colombia en mujeres, 2015–2022 (Moran's I,  $p < 0.001$ ).

## Discusión

Este estudio ofrece una caracterización integral de la dinámica epidemiológica de la EC en Colombia entre 2015 y 2022, a partir de registros nacionales del SIVIGILA. Los hallazgos evidencian una marcada heterogeneidad espaciotemporal, con regiones y departamentos persistentemente hiperendémicos, y una influencia significativa de factores sociales, ambientales y contextuales sobre la distribución de los casos.

La tendencia descendente observada desde 2016, con recuperación parcial tras 2021, sugiere una combinación de factores. En primer lugar, los avances sostenidos en las estrategias de control vectorial y vigilancia prenatal pueden haber reducido la transmisión vectorial y congénita, en concordancia con reportes del INS y la OPS que describen logros en la interrupción de transmisión domiciliaria en varios departamentos<sup>25</sup>. En segundo lugar, la disminución abrupta en 2020 se relaciona con la disrupción de la vigilancia epidemiológica durante la pandemia de COVID-19, cuando los recursos se concentraron en la respuesta sanitaria y disminuyeron las notificaciones de enfermedades tropicales desatendidas<sup>26,27</sup>. La reducción de casos podría reflejar un subregistro estructural persistente, especialmente en zonas rurales dispersas, lo que subraya la necesidad de fortalecer la capacidad diagnóstica y la vigilancia activa<sup>28</sup>.

En el plano sociodemográfico, la mayor incidencia en mujeres podría atribuirse principalmente al tamizaje prenatal obligatorio implementado en áreas endémicas desde 2019, lo que incrementó la detección sistemática de gestantes infectadas<sup>3</sup>. Este incremento en la notificación femenina refleja el impacto de las estrategias programáticas orientadas a la prevención de la transmisión congénita y al seguimiento materno-infantil. No obstante, también podría relacionarse con una mayor exposición intradomiciliaria, derivada de diferencias en los roles sociales y patrones de permanencia en el hogar. La brecha observada subraya la necesidad de reforzar

los mecanismos de búsqueda activa y diagnóstico oportuno en hombres adultos, un grupo históricamente subrepresentado en los programas de cribado y vigilancia rutinaria<sup>29,30</sup>.

La asociación positiva entre el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) y la incidencia confirma el peso de la pobreza estructural como determinante fundamental de la transmisión, al condicionar el tipo y calidad de la vivienda, el grado de hacinamiento y el acceso limitado a diagnóstico y tratamiento<sup>31</sup>. Este hallazgo refuerza la interpretación de la EC como un marcador de inequidad social, coherente con estudios latinoamericanos que la describen como una enfermedad de la desigualdad<sup>32</sup>.

La inclusión del IICA representa uno de los aportes diferenciales de este trabajo. Su asociación negativa con la notificación de casos sugiere que la intensidad del conflicto puede modificar la dinámica epidemiológica al provocar desplazamientos forzados, reconfiguración territorial y debilitamiento de los programas de vigilancia y control vectorial. En regiones como los Llanos y la Amazonía, históricamente afectadas por el conflicto rural, la movilidad poblacional y la deforestación han creado nuevos entornos de exposición; en contraste, en el Caribe y el Oriente, donde predominan expresiones urbanas o periurbanas del conflicto, la expansión desordenada de asentamientos precarios incrementa la vulnerabilidad<sup>33,34</sup>. Este hallazgo subraya la necesidad de incorporar la dimensión sociopolítica en los sistemas de vigilancia, una perspectiva poco explorada en estudios previos sobre EC en Colombia.

Desde el enfoque espacial, el análisis de clústeres significativos confirmó una concentración persistente de alta incidencia en Santander, Boyacá y Arauca, consolidando esta franja como núcleo hiperendémico nacional. En hombres, se observaron conglomerados en el norte (Cesar, Magdalena y Bolívar), mientras que en mujeres persistieron en el nororiente, con clústeres de baja incidencia en el suroccidente y la región Caribe. Estas diferencias geográficas y por sexo orientan la necesidad de estrategias focalizadas y diferenciadas territorialmente<sup>15</sup>.

El análisis temporal mediante modelos ARIMA capturó de manera adecuada las tendencias descendentes y los niveles bajos de notificación, pero evidenció limitaciones para predecir picos esporádicos y cambios abruptos, especialmente en el Caribe y Oriente. La interrupción de la vigilancia durante la pandemia afectó la estacionariedad y la confiabilidad de las predicciones, fenómeno documentado también para otras enfermedades transmitidas por vectores en América Latina<sup>35</sup>. Esto resalta la necesidad de fortalecer la continuidad y calidad del registro, así como de incorporar análisis de sensibilidad y modelos híbridos que combinén predicción estadística con alertas tempranas basadas en vigilancia entomológica o climática.

En conjunto, los resultados confirman que la EC en Colombia no puede interpretarse únicamente desde una perspectiva biológica, sino como un fenómeno multidimensional, donde convergen determinantes sociales, ambientales y políticos. La integración de indicadores socioambientales a nivel municipal y regional constituye un aporte metodológico en el contexto colombiano, al ampliar el marco analítico hacia una visión territorial e intersectorial. En términos de política pública, estos hallazgos demandan intervenciones integrales y sostenibles, orientadas a los territorios hiperendémicos y sensibles al conflicto, fortaleciendo la tamización prenatal, la vigilancia entomológica y la detección precoz de brotes mediante análisis espaciotemporales continuos.

Este estudio utiliza notificaciones oficiales de SIVIGILA, sujetas a subregistro y a variabilidad en la calidad del reporte entre regiones, lo que podría subestimar la incidencia. Aunque aplicamos depuración (duplicados, consistencia municipio-año, atípicos) y análisis espaciotemporales sobre series nacionales para atenuar estos sesgos, no pueden eliminarse por completo. Los ARIMA capturan bien tendencias, pero tienen capacidad limitada para anticipar picos esporádicos con series relativamente cortas. Finalmente, la pandemia de COVID-19 interrumpió la vigilancia, afectando la estacionariedad y la confiabilidad de las predicciones en 2020–2021.

## Conclusiones

La EC en Colombia exhibe una heterogeneidad marcada en el espacio y el tiempo, con conglomerados persistentes de alta incidencia en el nororiente andino y mayor riesgo relativo en Llanos y Oriente, en contraste con niveles menores en el Pacífico. La mayor notificación en mujeres y la asociación positiva con el IPM refuerzan el carácter

estructural y social de la enfermedad, mientras que la relación inversa con el IICA sugiere que los determinantes sociopolíticos condicionan la visibilidad y dinámica de la transmisión.

La integración de enfoques espaciales, temporales y de panel permitió identificar patrones críticos para la vigilancia y priorizar territorios y subpoblaciones. En términos de salud pública, los hallazgos respaldan la focalización territorial diferenciada (por región y sexo), el fortalecimiento de la vigilancia, en particular en contextos de conflicto, la tamización prenatal y el control vectorial dirigido, así como la incorporación de análisis temporales para la detección temprana de brotes. Avanzar hacia modelos intersectoriales sensibles al territorio y sostener mejoras en la calidad del dato son pasos necesarios para reducir inequidades y acelerar el cumplimiento de las metas de eliminación planteadas por la OMS/OPS.

## Contribución de autores

AH: Concepción y diseño del trabajo, construcción base de datos, análisis e interpretación de resultados, escritura y revisión final. JM: Concepción y diseño del trabajo, interpretación de resultados, escritura y revisión final.

## Consideraciones éticas

Este estudio utilizó información secundaria proveniente de bases de datos oficiales y se desarrolló conforme a la Declaración de Helsinki y a las pautas del Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas (CIOMS), garantizando el respeto de los derechos humanos. Asimismo, según el artículo 11 de la Resolución 008430 de 1993, se clasifica como una investigación sin riesgo al emplear datos agregados y previamente registrados, sin intervención alguna sobre los individuos.

## Conflictos de interés

Ninguno

## Financiación

Ninguna

## Apoyo tecnológico de IA

Los autores declaran que no se utilizó inteligencia artificial, modelos de lenguaje, aprendizaje automático ni ninguna otra tecnología similar en la concepción, redacción, análisis o elaboración de este manuscrito. Todo el contenido, incluidos los textos, tablas y figuras, fue desarrollado íntegramente por los autores, garantizando así la originalidad, integridad y validez científica del artículo.

## Referencias

1. World Health Organization. Chagas disease in Latin America: an epidemiological update based on 2010 estimates. *Wkly Epidemiol Rec.* 2015; 90(6): 33-44. [Internet] [Cited 2021 October 3]. Available: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/242316/WER9006\\_33-44.PDF](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/242316/WER9006_33-44.PDF)
2. Instituto Nacional de Salud. Protocolo para la vigilancia en salud pública de Chagas. Bogotá: INS; 2022. [Internet] [Consultado 13 de noviembre de 2024]. Disponible en: [https://www.ins.gov.co/busador-eventos/Lineamientos/Pro\\_Chagas%202022.pdf](https://www.ins.gov.co/busador-eventos/Lineamientos/Pro_Chagas%202022.pdf)
3. Olivera MJ, Fory JA, Porras JF, Buitrago G. Prevalence of Chagas disease in Colombia: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2019; 14(1): e0210156. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0210156>

4. Colussi C, Stafuza M, Denner S, Nepote M, Mendicino D. Epidemiología de la enfermedad de Chagas en comunidades mocovíes y criollas en el sur del Chaco argentino. *Salud Publica Mex.* 2016; 58(1): 3-4. doi: <http://dx.doi.org/10.21149/spm.v58i1.8151>
5. Ikedionwu C, Dongarwar D, Kaur M, Núñez L, Awazi A, Mallet J, et al. Trends and factors associated with Chagas disease among women of reproductive age in the United States, 2002–2017. *Parasite Epidemiol Control.* 2020; 11: e00167. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.parepi.2020.e00167>
6. León L. Informe del evento enfermedad de Chagas, Colombia, año 2016. Bogotá: Instituto Nacional de Salud; 2016. [Internet] [Consultado 13 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/busador-eventos/Informesdeevento/Chagas%202016.pdf>
7. Simões TC, Borges LF, Parreira de Assis AC, Silva MV, dos Santos J, Meira KC. Chagas disease mortality in Brazil: a Bayesian analysis of age–period–cohort effects and forecasts for two decades. *PLoS Negl Trop Dis.* 2018; 12(9): e0006798. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0006798>
8. Medina-Torres I, Vázquez-Chagoyán JC, Rodríguez-Vivas RI, de Oca-Jiménez RM. Risk factors associated with triatomines and *Trypanosoma cruzi* infection in rural communities from southern Mexico. *Am J Trop Med Hyg.* 2010; 82(1): 49-54. doi: <http://dx.doi.org/10.4269/ajtmh.2010.08-0624>
9. Campbell-Lendrum DH, Angulo VM, Esteban L, Tarazona Z, Parra GJ, Restrepo M, et al. House-level risk factors for triatomine infestation in Colombia. *Int J Epidemiol.* 2007; 36(4): 866-72. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ije/dym065>
10. Cabezas-Sánchez C. Enfermedades infecciosas desatendidas: un permanente reto para la salud pública y la equidad en Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2014; 31(2): 326-35. Disponible en: <https://www.scielosp.org/pdf/rpmesp/2014.v31n2/326-335/es>
11. Guhl F. Enfermedad de Chagas: realidad y perspectivas. *Rev Biomed.* 2009; 20(3): 228-34. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6057152.pdf>
12. Ferreira RA, Lazzari CR, Lorenzo MG, Pereira MH. Do haematophagous bugs assess skin surface temperature to detect blood vessels? *PLoS One.* 2007; 2(9): e932. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0000932>
13. Coura JR, Junqueira AC. Risks of endemicity, morbidity and perspectives regarding the control of Chagas disease in the Amazon region. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2012; 107(2): 145-54. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762012000200001>
14. Rojas K. Mal de Chagas y factores geográficos: propuesta de zonificación del riesgo epidemiológico en Araure, Venezuela. *Terra.* 2015; 31(50): 109-29. [Internet] [Consultado 13 de noviembre de 2024]. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1012-70892015000200006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-70892015000200006)
15. Ledien J, Cucunubá ZM, Parra-Henao G, Rodríguez-Monguí E, Dobson AP, Adamo SB, et al. From serological surveys to disease burden: a modelling pipeline for Chagas disease. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2023; 378(1887): 20220278. doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2022.0278>
16. Cucunubá ZM, Nouvellet P, Conteh L, et al. Modelling historical changes in the force-of-infection of Chagas disease to inform control and elimination programmes: application in Colombia. *BMJ Glob Health.* 2017; 2(3): e000345. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjgh-2017-000345>
17. World Health Organization. Ending the neglect to attain the Sustainable Development Goals: a road map for neglected tropical diseases 2021–2030. Geneva: WHO; 2021. [Internet] [Cited 2021 October 3]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240010352>

18. Colombia. Ley 2056 de 2020. *Diario Oficial*. Bogotá: Congreso de Colombia; 2020. [Internet] [Consultado 13 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=142858>
19. Oxford Poverty and Human Development Initiative. Global Multidimensional Poverty Index 2024: poverty amid conflict. Oxford: OPHI; 2024. [Internet] [Cited 2021 October 3]. Available: <https://ophi.org.uk/Publications/GMPI15-2024>
20. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Repositorio digital de la CEPAL. Santiago de Chile: CEPAL; s.f. [Internet] [Consultado 13 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/>
21. Departamento Nacional de Planeación (DNP). Mediciones, seguimiento y evaluaciones – Índice de Incidencia del Conflicto Armado (IICA). Bogotá D.C.; actualizado 24 jul 2025. . [Internet] [Consultado 13 de noviembre de 2024]. Disponible en: [https://www.dnp.gov.co/LaEntidad/\\_subdireccion-general-prospectiva-desarrollo-nacional/direccion-gobierno-ddhh-paz/Paginas/mediciones-seguimiento-y-evaluaciones.aspx](https://www.dnp.gov.co/LaEntidad/_subdireccion-general-prospectiva-desarrollo-nacional/direccion-gobierno-ddhh-paz/Paginas/mediciones-seguimiento-y-evaluaciones.aspx)
22. De la Vega GJ, Schilman PE. Ecological and physiological thermal niches to understand distribution of Chagas disease vectors in Latin America. *Med Vet Entomol*. 2018;32(1):1-13. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/mve.12262>
23. Dickey DA, Fuller WA. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *J Am Stat Assoc*. 1979; 74(366): 427-31. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>
24. Kwiatkowski D, Phillips PC, Schmidt P, Shin Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *J Econom*. 1992; 54(1-3): 159-78. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)
25. Herazo R, Torres-Torres F, Gómez Mantilla CA, Pérez Carillo L, Cuervo A, Medina Camargo MA, et al. On-site experience of a project to increase access to diagnosis and treatment of Chagas disease in high-risk endemic areas of Colombia. *Acta Trop*. 2022; 226: 106219. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.106219>
26. Butala CB, Cave RNR, Fyfe J, Worrall E, Koleva G, Bogoch II, et al. Impact of COVID-19 on the neglected tropical diseases: a scoping review. *Infect Dis Poverty*. 2024; 13(1): 55. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s40249-024-01223-2>
27. Kim JY, Oh S, Yoon M, Yong TS. Importance of balanced attention toward coronavirus disease 2019 and neglected tropical diseases. *Yonsei Med J*. 2023; 64(6): 351-8. doi: <http://dx.doi.org/10.3349/ymj.2022.0656>
28. Olivera MJ, Garzón M, Cruz E, Vera MJ, Velandia C, Valero A, et al. Barriers to diagnosis access for Chagas disease in Colombia. *Parasitol Res*. 2018; 117(11): 3487-95. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2018/4940796>
29. Ault SK, Pascual LC, Grados-Zavala ME, García GG, Castellanos LG. El camino a la eliminación: un panorama de las enfermedades infecciosas desatendidas en América Latina y el Caribe. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2014; 31(2): 319-25. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342014000200020&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342014000200020&script=sci_abstract)
30. Cucunubá Zulma M et al. The epidemiology of Chagas disease in the Americas. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2024; 379(1904): 20230059. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lana.2024.100881>
31. Fernández MD, Gaspe MS, Gúrtler RE. Inequalities in the social determinants of health and Chagas disease transmission risk in indigenous and creole households in the Argentine Chaco. *Parasites Vectors*. 2019; 12(1): 184. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s13071-019-3444-5>
32. Levesque JF, Harris MF, Russell G. Patient-centred access to health care: conceptualising access at the interface of health systems and populations. *Int J Equity Health*. 2013; 12:18. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/1475-9276-12-18>

33. Beyrer C, Villar JC, Suwanvanichkij V, Singh S, Baral SD, Mills Ej. Neglected diseases, civil conflicts, and the right to health. *Lancet.* 2007; 370(9589): 619-27. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61301-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61301-4)
34. Higuera A, Ramírez JD. The Colombian peace deal and its impact on the evolution of tropical disease agents. *Infect Genet Evol.* 2017; 57: 145-50. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meegid.2017.11.024>
35. Ledien J, Ruiz-Garcia M, Rodriguez F, Aguilera G, Corredor AF, Ordoñez R, et al. Spatio-temporal framework for estimating the force of infection of Chagas disease in Colombia. *BMC Med Res Methodol.* 2022; 22(1): 47. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s12874-021-01477-6>

## Anexos

**Anexo Tabla I.** Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala / Tipo	Metodología de estimación	Fuente primaria
Casos nuevos de enfermedad de Chagas	Personas diagnosticadas con EC (aguda o crónica) por <i>T. cruzi</i> .	Número de casos confirmados notificados (evento 205) por municipio–año.	Conteo (discreta)	Notificación obligatoria; consolidación municipal y estandarización por sexo.	SIVIGILA
Sexo	Clasificación biológica (femenino/masculino).	Porcentaje/distribución de casos por sexo por municipio–año.	Porcentaje (continua)	Desagregación por sexo de los registros de casos.	SIVIGILA
Población	Número total de habitantes.	Habitantes por municipio (proyecciones/retroproyecciones).	Conteo (discreta)	Series oficiales; armonización con códigos DANE.	DANE
Bosques	Cobertura arbórea ( $\geq 30\%$ dosel, $\geq 5$ m altura, $\geq 1$ ha).	Hectáreas de cobertura boscosa por unicípio.	Área (ha) / continua	Teledetección; clasificación y suma municipal.	IDEAM
Cultivos permanentes	Superficie con cultivos no anuales.	Hectáreas de cultivos permanentes por municipio.	Área (ha) / continua	Teledetección y registros ambientales.	IDEAM
Humedad	Vapor de agua en el aire.	Promedio anual de humedad relativa por municipio.	% (continua)	Estaciones/ modelos; agregación anual.	IDEAM
Deforestación	Conversión de bosque a otro uso en un periodo.	Hectáreas deforestadas por municipio y año.	Área (ha) / continua	Comparación interanual por teledetección.	IDEAM
Temperatura	Nivel de calor ambiental.	Promedio anual de temperatura por municipio.	°C (continua)	Estaciones meteorológicas; agregación anual.	IDEAM
Precipitaciones	Lluvia caída.	Promedio anual de precipitación por municipio.	mm (continua)	Estaciones meteorológicas; agregación anual.	IDEAM
Densidad poblacional	Habitantes por unidad de superficie.	Habitantes por $\text{km}^2$ por municipio (población/área).	Hab/ $\text{km}^2$ (continua)	Cálculo con población anual y área municipal oficial.	DANE (población)
Índice de Pobreza Multidimensional (IPM)	Privaciones múltiples en salud, educación y estándar de vida.	Valor del índice por municipio.	Índice (0–1) / continua	Cálculo oficial; asignación municipal.	DANE
Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	Falta de acceso a bienes/ servicios básicos.	Valor del índice por municipio.	Índice (0–1) / continua	Cálculo oficial; asignación municipal.	DANE
Alfabetismo	Capacidad de leer y escribir.	Porcentaje de personas analfabetas por municipio.	% (continua)	Censos/encuestas; estimación municipal.	DANE
Cultivos ilícitos (coca)	Superficie con cultivos de coca.	Hectáreas por municipio.	Área (ha) / continua	Teledetección y reportes oficiales.	ODC / UNODC
Tasa de homicidios	Homicidios por 100.000 habitantes.	(Homicidios / población) $\times 100.000$ por municipio–año.	Tasa (continua)	Registros administrativos; cálculo municipal.	Policía Nacional
Índice de Incidencia del Conflicto Armado (IICA)	Intensidad territorial del conflicto armado.	Índice continuo anual por unicípio.	Índice (continua)	Serie oficial; armonización al periodo de estudio.	DNP

EC (Enfermedad de Chagas), DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), IPM (Índice de Pobreza Multidimensional), NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas), IICA (Índice de Incidencia del Conflicto Armado), ODC (Observatorio de Drogas de Colombia), INS (Instituto Nacional de Salud), ha (hectáreas), mm (milímetros), °C (grados Celsius) y hab/ $\text{km}^2$  (habitantes por kilómetro cuadrado).

**Anexo Tabla 2.** Tasas brutas y estandarizadas de EC según SIVIGILA, por sexo y región, Colombia, 2015-2022.

Región	Año	SIVIGILA				Valor p
		Mujeres		Hombres		
		TB (IC 95%)	TE (IC 95%)	TB (IC 95%)	TE (IC 95%)	
Amazonía	2015	0,52 (0,2 - 0,9 )	0,27 (0,1 - 0,4 )	0,78 (0,3 - 1,2)	0,38 (0,2 - 0,6 )	0,730
Amazonía	2016	0,32 (0,0 - 0,6 )	0,16 (0,0 - 0,3 )	0,39 (0,1 - 0,7 )	0,19 (0,0 - 0,3 )	1,000
Amazonía	2017	0,19 (0,0 - 0,4 )	0,10 (0,0 - 0,2 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	1,000
Amazonía	2018	0,32 (0,0 - 0,6 )	0,16 (0,0 - 0,3 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Amazonía	2019	0,06 (-0,1 - 0,2 )	0,03 (0,0 - 0,1 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Amazonía	2020	0,06 (-0,1 - 0,2 )	0,03 (0,0 - 0,1 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Amazonía	2021	0,12 (0,0 - 0,3 )	0,06 (0,0 - 0,1 )	0,18 (0,0 - 0,4 )	0,09 (0,0 - 0,2 )	1,000
Amazonía	2022	0,30 (0,0 - 0,6 )	0,15 (0,0 - 0,3 )	0,12 (0,0 - 0,3 )	0,06 (0,0 - 0,1 )	0,800
Caribe	2015	0,96 (0,7 - 1,2 )	0,49 (0,4 - 0,6 )	0,81 (0,6 - 1,1 )	0,40 (0,3 - 0,5 )	0,209
Caribe	2016	0,19 (0,1 - 0,3 )	0,10 (0,0 - 0,2 )	0,18 (0,1 - 0,3 )	0,09 (0,0 - 0,1 )	0,400
Caribe	2017	0,26 (0,1 - 0,4 )	0,14 (0,1 - 0,2 )	0,21 (0,1 - 0,3 )	0,10 (0,0 - 0,2 )	1,000
Caribe	2018	2,01 (1,6 - 2,4 )	1,03 (0,8 - 1,2 )	2,07 (1,7 - 2,5 )	1,02 (0,8 - 1,2 )	1,000
Caribe	2019	0,50 (0,3 - 0,7 )	0,26 (0,2 - 0,3 )	0,31 (0,2 - 0,5 )	0,15 (0,1 - 0,2 )	0,356
Caribe	2020	0,10 (0,0 - 0,2 )	0,05 (0,0 - 0,1 )	0,11 (0,0 - 0,2 )	0,05 (0,0 - 0,1 )	1,000
Caribe	2021	2,66 (2,2 - 3,1 )	1,36 (1,1 - 1,6 )	2,43 (2,0 - 2,8 )	1,19 (1,0 - 1,4 )	0,722
Caribe	2022	0,81 (0,6 - 1,0 )	0,41 (0,3 - 0,5 )	0,47 (0,3 - 0,6 )	0,23 (0,1 - 0,3 )	0,952
Eje cafetero	2015	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,14 (0,0 - 0,3 )	0,07 (0,0 - 0,1 )	-
Eje cafetero	2016	0,05 (0,0 - 0,1 )	0,03 (0,0 - 0,1 )	0,06 (0,0 - 0,1 )	0,03 (0,0 - 0,1 )	1,000
Eje cafetero	2017	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,08 (0,0 - 0,2 )	0,04 (0,0 - 0,1 )	-
Eje cafetero	2018	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Eje cafetero	2019	0,05 (0,0 - 0,1 )	0,03 (0,0 - 0,1 )	0,13 (0,0 - 0,2 )	0,06 (0,0 - 0,1 )	1,000
Eje cafetero	2020	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Eje cafetero	2021	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,05 (-0,0 - 0,1 )	0,03 (0,0 - 0,1 )	-
Eje cafetero	2022	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Llanos	2015	13,72 (11,3 - 16,1 )	7,00 (5,8 - 8,2 )	5,19 (3,8 - 6,6 )	2,54 (1,8 - 3,2 )	0,143
Llanos	2016	12,38 (10,1 - 14,6 )	6,31 (5,2 - 7,5 )	6,22 (4,7 - 7,8 )	3,05 (2,3 - 3,8 )	0,372
Llanos	2017	9,40 (7,5 - 11,3 )	4,79 (3,8 - 5,8 )	5,21 (3,8 - 6,6 )	2,55 (1,9 - 3,2 )	0,577
Llanos	2018	8,44 (6,6 - 10,3 )	4,31 (3,4 - 5,2 )	4,42 (3,1 - 5,7 )	2,16 (1,5 - 2,8 )	0,744
Llanos	2019	8,83 (7,0 - 10,7 )	4,50 (3,6 - 5,4 )	5,10 (3,7 - 6,5 )	2,50 (1,8 - 3,2 )	0,465

Región	Año	SIVIGILA				Valor p
		Mujeres		Hombres		
		TB (IC 95%)	TE (IC 95%)	TB (IC 95%)	TE (IC 95%)	
Llanos	2020	4,60 (3,3 - 5,9 )	2,35 (1,7 - 3,0 )	1,77 (1,0 - 2,6 )	0,87 (0,5 - 1,3 )	0,867
Llanos	2021	7,69 (6,0 - 9,4 )	3,92 (3,1 - 4,8 )	3,48 (2,4 - 4,6 )	1,70 (1,2 - 2,2 )	0,408
Llanos	2022	8,46 (6,7 - 10,2 )	4,32 (3,4 - 5,2 )	5,16 (3,8 - 6,5 )	2,53 (1,9 - 3,2 )	0,245
Oriente	2015	6,59 (5,5 - 7,7 )	3,36 (2,8 - 3,9 )	3,82 (3,0 - 4,6 )	1,87 (1,5 - 2,3 )	0,279
Oriente	2016	6,63 (5,6 - 7,7 )	3,38 (2,8 - 3,9 )	4,86 (3,9 - 5,8 )	2,38 (1,9 - 2,8 )	0,462
Oriente	2017	2,98 (2,3 - 3,7 )	1,52 (1,2 - 1,9 )	2,33 (1,7 - 3,0 )	1,14 (0,8 - 1,4 )	0,783
Oriente	2018	1,11 (0,7 - 1,5 )	0,57 (0,3 - 0,8 )	0,61 (0,3 - 0,9 )	0,30 (0,1 - 0,5 )	0,865
Oriente	2019	1,94 (1,4 - 2,5 )	0,99 (0,7 - 1,3 )	0,63 (0,3 - 1,0 )	0,31 (0,2 - 0,5 )	0,337
Oriente	2020	1,05 (0,6 - 1,4 )	0,53 (0,3 - 0,7 )	0,33 (0,1 - 0,6 )	0,16 (0,0 - 0,3 )	0,631
Oriente	2021	2,92 (2,3 - 3,6 )	1,49 (1,2 - 1,8 )	1,01 (0,6 - 1,4 )	0,50 (0,3 - 0,7 )	0,409
Oriente	2022	4,58 (3,8 - 5,4 )	2,34 (1,9 - 2,8 )	1,40 (0,9 - 1,9 )	0,68 (0,5 - 0,9 )	0,293
Pacífico	2015	0,08 (0,0 - 0,2 )	0,04 (0,0 - 0,1 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Pacífico	2016	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,03 (0,0 - 0,1 )	0,01 (0,0 - 0,04)	-
Pacífico	2017	0,03 (0,0 - 0,1 )	0,01 (0,0 - 0,04 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Pacífico	2018	0,05 (0,0 - 0,1 )	0,03 (0,0 - 0,1 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Pacífico	2019	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,06 (0,0 - 0,1 )	0,03 (0,0 - 0,1 )	-
Pacífico	2020	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Pacífico	2021	0,03 (0,0 - 0,1 )	0,01 (0,0 - 0,04 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
Pacífico	2022	0,03 (0,0 - 0,1 )	0,01 (0,0 - 0,04 )	0,00 (0,0 - 0,1 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	1,000
San Andrés	2015	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
San Andrés	2016	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
San Andrés	2017	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
San Andrés	2018	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
San Andrés	2019	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
San Andrés	2020	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
San Andrés	2021	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	-
San Andrés	2022	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,00 (0,0 - 0,0 )	0,03 ('-0,01 - 0,07)	-

TB: tasa bruta; TE: tasa estandarizada; IC: Intervalo de Confianza del 95

**Anexo Tabla 3.** Características ambientales, sociales y de violencia por región en Colombia.

Variable	Amazonas	Caribe	Eje Cafetero	Llanos	Oriente	Pacífico	San Andrés	Total	Valor p
Bosques	0 (0-3.859.341)	0 (0-311.153)	0 (0-177.571,4)	0 (0-3.804.670)	0 (0-137.699,4)	0 (0-550.670,8)	0 (0-621,94)	0 (0-0)	<0.001
Humedad	17.59 (0-101.63)	0 (0-100)	99.71 (0-100)	100 (2.68-100)	27.15 (0-100)	31.54 (0-100)	0 (0-0)	39.7 (0-101.63)	<0.001
Cultivos	0.42 (0-33.39)	0 (0-49.93)	0.48 (0-66.8)	0 (0-42.42)	0 (0-66.19)	0.96 (0-89.95)	0 (0-0)	0 (0-89.95)	<0.001
Deforestación	0 (0-29360.71)	0 (0-1672.92)	0 (0-3297.54)	0 (0-19205.4)	0 (0-6311.03)	0 (0-10486.38)	0 (0-0)	0 (0-29360.71)	<0.001
Temperatura	21.81 (11.53-29.6)	26.9 (14.98-29.6)	19.77 (10.97-28.53)	25 (11.75-29.35)	18.52 (10.1-29.6)	20.31 (10.35-26.9)	0 (0-0)	21.82 (10.1-29.6)	<0.001
Precipitaciones	1818.84 (1347.31-4176.5)	1347.31 (561.43-4019.33)	2447.55 (1032.96-5905.45)	2919.09 (1661.67-4333.68)	1818.84 (875.78-3704.97)	2054.61 (1190.14-7634.4)	0 (0-0)	1976.02 (561.43-7634.4)	<0.001
Educación	86.56 (0-139.92)	90.7 (0-264.54)	86.08 (47.69-186.97)	84.08 (0-167.76)	87.06 (34.72-185.43)	79.71 (0-172.76)	35.29 (0-91.96)	86.52 (0-264.54)	<0.001
Densidad Poblacional	29.07 (0.55-377.19)	54.02 (9.71-8705.69)	56.62 (3.09-15388.28)	6.21 (0.15-348.82)	39.14 (4.41-3418.98)	50.84 (1.69-4202.42)	254.85 (254.85-254.85)	41.83 (0.15-15388.28)	<0.001
Tasa de homicidios	26.17 (2.91-169.84)	16.98 (2.07-154.59)	39.26 (1.14-407.95)	27.91 (2.86-941.55)	18.69 (2.39-319.45)	47.88 (3.23-328.36)	16.7 (15.6-32.66)	26.25 (1.14-941.55)	<0.001
Tasa de alfabetización	8.31 (3.61-14.46)	13.32 (2.26-34.59)	8.97 (0.88-22.69)	7.31 (2.4-15.18)	9 (1.78-38.91)	10.16 (2.58-28.61)	1.28 (1.28-1.28)	9.57 (0.88-38.91)	<0.001
Hectáreas de coca	552.76 (1.04-9664.6)	100.22 (1.32-3972.77)	58.28 (1.07-4105.39)	202.29 (1.23-2297.16)	104.28 (1.16-22229.6)	184.52 (1.16-23147.95)	0 (0-0)	186.65 (1.04-23147.95)	<0.001
IPM	40.15 (14.8-71.9)	52 (14.4-92.2)	36 (4.5-81.5)	41.9 (15.3-91.4)	37.7 (11-73.5)	43.35 (11.5-90.6)	13.7 (13.7-13.7)	41.7 (4.5-92.2)	<0.001
NBI	37 (27.7-50.5)	40.2 (24.8-57.1)	30.7 (23.2-45.3)	30.3 (28.8-43.1)	37.35 (20.6-53.5)	46.3 (21.6-66.1)	0 (0-0)	37.3 (20.6-66.1)	<0.001
Miseria	6.7 (3.1-16.7)	7.4 (2.6-27.7)	5.1 (1.3-15.5)	7.1 (5-16)	7.45 (2.2-20.7)	13.3 (3.7-30.4)	0 (0-0)	7.3 (1.3-30.4)	<0.001
IICA	0.03 (0.01-0.83)	0.02 (0.01-0.78)	0.04 (0.01-1.37)	0.04 (0.01-0.9)	0.02 (0.01-1.8)	0.08 (0.01-1.72)	0.03 (0.01-0.03)	0.03 (0.01-1.8)	<0.001

Humedad (porcentaje de humedad relativa); Cultivos (hectáreas); Deforestación (hectáreas); Temperatura (°C); Precipitaciones (mm); Educación (porcentaje de cobertura educación secundaria); Densidad poblacional (habitantes/superficie); Tasa de homicidios (100.000 habitantes); Tasa de alfabetismo (100.000 habitantes); IPM (Índice de Pobreza Multidimensional); NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas); IICA (Índice de Incidencia del Conflicto Armado)