RAÍCES Y DATOS: INVESTIGACIÓN DESDE LA AMAZONÍA PROFUNDA

HORIZONTES
AMAZÓNICOS



Volumen: 2

Número: 2

Horizontes Amazónicos

Revista científica multidisciplinaria

ISSN: 3121-2581

Con el apoyo de:

PastazaUnida & Solidaria Fundación

HORIZONTES AMAZÓNICOS · e-ISSN 3121-2581

Sumario

Vol. 2 Núm. 2 (2026): Raíces y Datos: Investigación desde la Amazonia Profunda (julio–diciembre 2026)

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

¿Puede la inteligencia artificial sustituir profesiones? Revisión sistemática cuantitativa de la evidencia sobre exposición, desplazamiento y aumento laboral (2016–2026)
Miguel Ángel Guzmán Freire
https://doi.org/10.67321/7d3ygr02 · **pág. 3–15**

Cobertura arbórea urbana como elemento de mitigación de islas de calor y mejoramiento del confort térmico en Nueva Loja, Sucumbíos, Ecuador
Erick Stalin Simbaña Morales, Leandro Joffre Shiguango Andi
https://doi.org/10.67321/jxnjf439 · **pág. 16–24**

Exposición al mercurio y efectos en la salud de las comunidades indígenas de la Amazonía ecuatoriana
Richard Marcelo Ramos Real
https://doi.org/10.67321/z8pvrm22 · **pág. 25–32**

INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Evaluación del efecto antimicrobiano de extractos de Uncaria tomentosa (Willd. ex Schult.) DC. frente a cepas bacterianas y fúngicas de importancia clínica y ambiental
Danny Roberto Ortega Mazón, Gabriela Inés Méndez Silva
https://doi.org/10.67321/na3r0r1a · **pág. 33–38**

¿Chocolate o riqueza? Replicación transnacional de la correlación entre consumo de chocolate y Premios Nobel con datos actualizados (1901–2025), inclusión de América Latina y modelos de conteo con exceso de ceros
Samantha Lisseth Romero Ruiz
https://doi.org/10.67321/gxffd102 · **pág. 39–51**

ESTUDIO DE CASO

Feminicidio y representación mediática: análisis crítico del discurso del caso de Ximena Calvache en la provincia de Pastaza, Ecuador
Carla Daniela Guevara Inga
https://doi.org/10.67321/y21d3036 · **pág. 52–55**

HORIZONTES AMAZÓNICOS

PastazaUnida & Solidaria

¿Puede la inteligencia artificial sustituir profesiones? Revisión sistemática cuantitativa de la evidencia sobre exposición, desplazamiento y aumento laboral (2016–2026)

Can artificial intelligence replace professions? A quantitative systematic review of the evidence on occupational exposure, displacement and augmentation (2016–2026)

Revisión Bibliográfica

Miguel Ángel Guzmán Freire[a]

[a]*Southwest State University, Kursk, Rusia*

Resumen. **Introducción:** la irrupción de la inteligencia artificial (IA) generativa ha reactivado el debate sobre la sustitución de profesiones completas por sistemas algorítmicos. **Objetivo:** cuantificar, a partir de la evidencia publicada entre 2016 y 2026, la magnitud esperada y observada de la sustitución laboral por IA e identificar las profesiones con mayor y menor probabilidad de ser sustituidas. **Metodología:** revisión sistemática conforme a PRISMA 2020. Se ejecutaron 20 consultas en un motor académico y repositorios institucionales (OIT, FMI, OCDE, Banco Mundial, NBER, SSRN, arXiv), complementadas con búsqueda de citas. De 211 registros, se incluyeron 34 estudios cuantitativos (exposición ocupacional, uso observado, efectos causales, experimentos y proyecciones), cuya calidad se valoró con cinco criterios. **Resultados:** el 79,4 % de los estudios se publicó después del lanzamiento de ChatGPT. Las estimaciones de empleo en alto riesgo de sustitución total descendieron desde una mediana de 14 % (intervalo 9–47 %) en los modelos por ocupación previos a la IA generativa hasta 4,5 % (0,4–8 %) en los modelos por tareas de 2023–2025; en cambio, la exposición parcial alcanza al 25 % del empleo mundial (OIT) o al 40 % (FMI), con 26–27 % en Ecuador. Los efectos observados son negativos y focalizados (mediana −14 %): avisos freelance de escritura y programación (−21 %) y empleo de trabajadores de 22–25 años en ocupaciones expuestas (−13 % a −19 %), sin efectos agregados sobre ingresos u horas. Los experimentos muestran ganancias de productividad (mediana +25,1 %). Las profesiones más señaladas fueron programadores, oficinistas, teleoperadores, redactores y contables; las menos expuestas, los oficios manuales y el cuidado directo. **Conclusiones:** la IA sustituye tareas antes que profesiones; la sustitución total es improbable a mediano plazo para la mayoría de ocupaciones, pero el desplazamiento ya es medible en puestos de entrada y trabajo cognitivo estandarizado.

Palabras clave: inteligencia artificial generativa; automatización; exposición ocupacional; mercado laboral; sustitución del empleo; revisión sistemática.

Abstract. **Introduction:** the rise of generative artificial intelligence (AI) has renewed the debate on whether entire professions will be replaced by algorithmic systems. **Objective:** to quantify, from evidence published between 2016 and 2026, the expected and observed magnitude of labour substitution by AI and to identify the professions most and least likely to be replaced. **Methods:** systematic review following PRISMA 2020. 20 queries were run on an academic search engine and institutional repositories (ILO, IMF, OECD, World Bank, NBER, SSRN, arXiv), complemented by citation searching. Of 211 records, 34 quantitative studies were included (occupational exposure, observed usage, causal effects, experiments and projections), and their quality was rated on five criteria. **Results:** 79.4% of studies were published after the release of ChatGPT. Estimates of employment at high risk of full substitution fell from a median of 14% (range 9–47%) in pre-generative, occupation-based models to 4.5% (0.4–8%) in 2023–2025 task-based models, whereas partial exposure reaches 25% of global employment (ILO) or 40% (IMF), and 26–27% in Ecuador. Observed effects are negative but concentrated (median −14%): freelance postings for writing and coding (−21%) and employment of 22–25-year-olds in exposed occupations (−13% to −19%), with no aggregate effects on earnings or hours. Experiments show productivity gains (median +25.1%). The most frequently flagged professions were programmers, clerks, telemarketers, writers and accountants; the least exposed were manual trades and direct care. **Conclusions:** AI substitutes tasks rather than professions; full substitution is unlikely in the medium term for most occupations, but displacement is already measurable in entry-level positions and standardised cognitive work.

Keywords: generative artificial intelligence; automation; occupational exposure; labour market; job displacement; systematic review.

Check for updates

ID documento: HA-V2-N2-004
Received: 4-08-2026; Accepted: 15-09-2026; Published: 23-09-2026

1. Introducción

La pregunta de si las máquinas reemplazarán el trabajo humano acompaña a cada ola tecnológica, desde la mecanización textil hasta la informatización de oficinas. Lo novedoso del ciclo actual es su objetivo: los grandes modelos de lenguaje (LLM, por sus siglas en inglés) y la IA generativa no automatizan tareas físicas rutinarias, sino capacidades cognitivas —redactar, programar, traducir, resumir, analizar— que durante décadas protegieron a los trabajadores con mayor escolaridad (Eloundou et al., 2024; Felten et al., 2021; Webb, 2020). Esta inversión del sesgo tradicional de la automatización coloca a profesiones de cuello blanco en el centro del debate y explica la ansiedad social que acompaña a la difusión de estas herramientas.

La literatura económica ofrece un marco para ordenar esta discusión. El enfoque basado en tareas (Acemoglu y Restrepo, 2019) descompone cada ocupación en actividades y distingue tres fuerzas: el efecto desplazamiento, cuando el capital asume tareas antes humanas; el efecto productividad, que abarata la producción y eleva la demanda de las tareas complementarias; y el efecto de reinstalación, por el cual la tecnología crea tareas nuevas. Autor et al. (2024) estiman que cerca del 60 % del empleo estadounidense de 2018 se encontraba en especialidades ocupacionales inexistentes en 1940, lo que

ilustra la potencia histórica de la reinstalación. La cuestión abierta es si la IA generativa, por su velocidad de difusión y su alcance cognitivo, altera ese equilibrio.

Las primeras estimaciones cuantitativas fueron alarmantes: Frey y Osborne (2017) calcularon que el 47 % del empleo de Estados Unidos estaba en ocupaciones con alta probabilidad de automatización. Trabajos posteriores que midieron tareas y no ocupaciones redujeron esa cifra al 9 % (Arntz et al., 2016) y al 14 % en 32 países de la OCDE (Nedelkoska y Quintini, 2018). Con la llegada de la IA generativa, las métricas cambiaron de naturaleza: ya no se pregunta solo qué ocupaciones pueden automatizarse, sino qué proporción de sus tareas está expuesta y si esa exposición conduce a sustitución o a aumento (complementariedad) del trabajador (Cazzaniga et al., 2024; Gmyrek et al., 2025). Además, desde 2023 existe evidencia ex post —datos de nóminas, plataformas de trabajo independiente y registros administrativos— que permite contrastar las proyecciones con efectos observados (Brynjolfsson et al., 2025b; Humlum y Vestergaard, 2025).

A pesar del volumen de publicaciones, la evidencia está dispersa en disciplinas (economía, gestión, ciencias de la computación), en tipos de documentos (artículos revisados por pares, documentos de trabajo, informes institucionales) y en métricas no comparables entre sí. Revisiones previas han abordado el tema de forma narrativa o sectorial (Lane y Saint-Martin, 2021), o se han concentrado en el desplazamiento observado (Dehouche, 2026). Para América Latina, y para Ecuador en particular, los datos son escasos y suelen difundirse sin distinguir entre exposición y pérdida efectiva de empleo (Gmyrek, Winkler y Garganta, 2024).

En este contexto, el objetivo de la presente revisión sistemática es cuantificar la magnitud esperada y observada de la sustitución laboral por IA y determinar qué profesiones presentan mayor y menor probabilidad de ser sustituidas, en la actualidad y a mediano plazo. Se plantean tres preguntas de investigación: (PI1) ¿qué proporción del empleo se estima en riesgo de sustitución total frente a exposición parcial, y cómo han cambiado estas estimaciones con la IA generativa?; (PI2) ¿qué efectos sobre el empleo, los ingresos y la productividad se han observado empíricamente?; y (PI3) ¿qué profesiones concentran la evidencia de alta exposición y cuáles la de baja exposición?

2. Método

2.1 Diseño y protocolo

Se realizó una revisión sistemática con síntesis cuantitativa descriptiva, conforme a la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). La heterogeneidad de las métricas (porcentaje de empleo expuesto, probabilidad de automatización, cambios porcentuales en avisos, empleo o productividad) impidió un metaanálisis de efectos combinados; por ello se optó por síntesis estructurada con estadísticos descriptivos (mediana, intervalo y rango intercuartílico) por familia de métricas, siguiendo la recomendación de agrupar resultados comparables. El protocolo no se registró previamente (véase Limitaciones).

2.2 Criterios de elegibilidad

Los criterios se definieron mediante la estructura PICOS adaptada a estudios económicos (Tabla 1).

Tabla 1
Criterios de elegibilidad

Componente	Criterio de inclusión	Criterio de exclusión
Población	Ocupaciones, trabajadores, empresas o mercados laborales (cualquier país)	Estudios centrados solo en estudiantes o consumidores
Exposición /intervención	IA, aprendizaje automático, LLM o IA generativa aplicados al trabajo	Robótica industrial o automatización sin componente de IA
Resultado	Métrica cuantitativa de exposición, riesgo de automatización, empleo, ingresos, avisos laborales o productividad	Ausencia de datos cuantitativos propios
Diseño	Estudios empíricos, experimentos, cuasi-experimentos, índices de exposición, proyecciones institucionales con método explícito	Ensayos, editoriales, noticias, blogs, revisiones narrativas
Tiempo e idioma	Publicado entre 2016 y septiembre de 2026; inglés o español	Duplicados o versiones superadas del mismo estudio

Fuente: elaboración propia.

2.3 Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La búsqueda se ejecutó el 22 de septiembre de 2026 mediante un motor de búsqueda académico de la web que indexa revistas de Scopus y Web of Science, así como repositorios de documentos de trabajo (NBER, SSRN, arXiv, RePEc/IDEAS) y repositorios institucionales (OIT, FMI, OCDE, Banco Mundial, Foro Económico Mundial). Se lanzaron 20 consultas que combinaron términos de tecnología (*artificial intelligence*, *generative AI*, *large language models*, *ChatGPT*), de resultado (*employment*, *occupations*, *exposure*, *displacement*, *automation*, *productivity*) y de ámbito (América Latina, Ecuador, profesiones específicas: traductores, abogados, programadores, atención al cliente). Se complementó con búsqueda de citas hacia atrás en dos documentos semilla aportados por el autor y en los estudios incluidos. La ecuación booleana general, recomendada para replicar la búsqueda en Scopus y Web of Science, fue:

```
TITLE-ABS-KEY(("artificial intelligence" OR
"generative AI" OR "large language model*" OR
ChatGPT) AND (occupation* OR employment OR job* OR
"labo*r market") AND (exposure OR automation OR
substitut* OR displac* OR replac* OR productivity))
AND PUBYEAR > 2015
```

2.4 Selección de estudios

Los registros se deduplicaron por título, autores y año; se consideraron duplicados las versiones del mismo trabajo (preprint, documento de trabajo y artículo publicado), conservándose la versión más reciente o la revisada por pares. El cribado por título y resumen y la evaluación a texto completo aplicaron los criterios de la Tabla 1. El proceso se resume en el diagrama de flujo PRISMA 2020 (Fig. 1).

2.5 Extracción de datos

Para cada estudio se extrajeron: autoría, año, tipo de evidencia, ámbito geográfico, fuente de datos, métrica principal, valor estimado y ocupaciones identificadas como de alta o baja exposición. Los estudios se clasificaron en cinco tipos: (i) exposición/probabilidad (índices técnicos ex ante); (ii) uso observado (registros reales de uso de asistentes de IA); (iii) efecto observado (cambios ex post en empleo, ingresos o avisos); (iv) experimento de productividad (ensayos

controlados); y (v) proyección/encuesta (escenarios macroeconómicos o encuestas a empleadores).

2.6 Evaluación de la calidad

Dada la diversidad de diseños, se aplicó una lista de verificación de cinco criterios binarios (0–5 puntos): C1, revisión por pares o revisión institucional formal; C2, fuente de datos identificada y accesible; C3, método explícito y replicable; C4, cobertura amplia (muestra grande o multipaís); y C5, estrategia de identificación causal o validación externa de la métrica. Se consideró alta calidad una puntuación ≥ 4.

2.7 Síntesis de datos

Las estimaciones se agruparon en cuatro familias: (a) porcentaje del empleo en alto riesgo de sustitución total; (b) porcentaje del empleo expuesto (parcial); (c) efectos observados sobre empleo, avisos e ingresos; y (d) efectos experimentales sobre productividad. Para cada familia se calcularon mediana, intervalo y, cuando el número de valores lo permitió, rango intercuartílico. La frecuencia con que cada grupo profesional fue identificado como de alta o baja exposición se representó en una matriz de calor. Los cálculos y gráficos se realizaron en Python 3 (numpy, matplotlib).

3. Desarrollo del tema

3.1 Selección y características de los estudios

Se identificaron 191 registros en la búsqueda principal y 20 por otros métodos. Tras eliminar 107 duplicados, se cribaron 84 registros, de los cuales 60 se excluyeron (principalmente noticias y blogs, n = 41). Se evaluaron a texto completo 23 informes de la búsqueda principal (uno no pudo recuperarse) y 20 por otros métodos; finalmente se incluyeron 34 estudios (19 de la búsqueda principal y 15 por búsqueda de citas) (Fig. 1).

La producción científica se aceleró tras el lanzamiento de ChatGPT en noviembre de 2022: 27 de los 34 estudios (79,4 %) se publicaron entre 2023 y 2026 (Fig. 2). Por tipo de evidencia, predominaron los índices de exposición (n = 12; 35,3 %) y los estudios de efectos observados (n = 10; 29,4 %), seguidos de experimentos de productividad (n = 5), proyecciones o encuestas (n = 4) y estudios de uso observado (n = 3). Estados Unidos fue el ámbito más frecuente; ocho estudios tuvieron cobertura global o multipaís y uno se centró en América Latina e incluyó a Ecuador. La calidad media fue de 3,94 ± 1,01 puntos (mediana 4); 24 estudios (70,6 %) alcanzaron alta calidad. Las puntuaciones más bajas correspondieron a proyecciones de consultoras y encuestas empresariales, cuyo método no es plenamente replicable (Tabla 2).

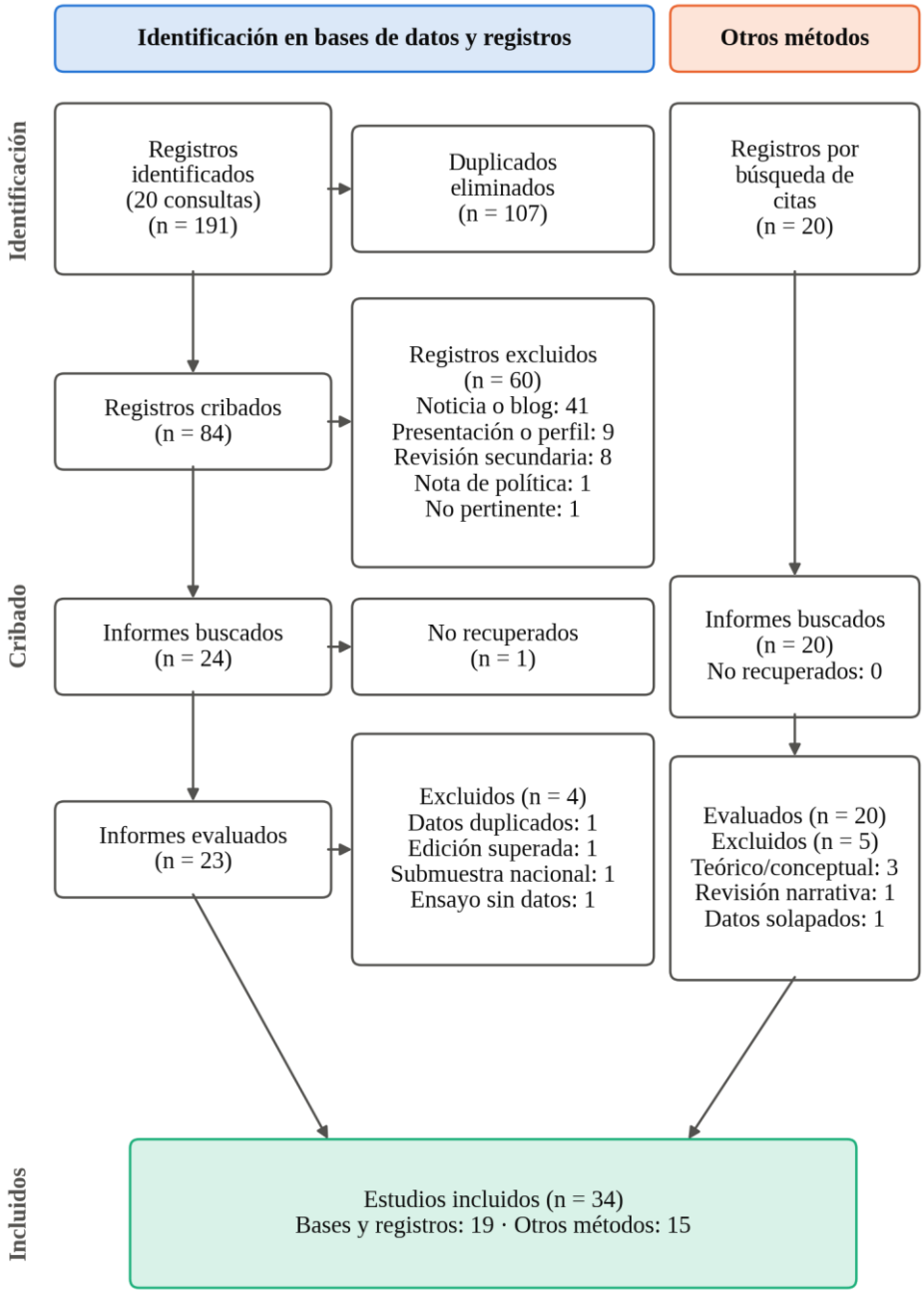


Fig. 1 Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de identificación, cribado e inclusión

Fuente: elaboración propia a partir de la plantilla de Page et al. (2021).

Tabla 2

Características y hallazgos principales de los estudios incluidos (n = 34)

Estudio	Tipo	Ámbito / datos	Hallazgo cuantitativo principal	Cal.
Arntz et al. (2016)	Exp./prob.	OCDE, 21 países (PIAAC)	9 % del empleo en alto riesgo (enfoque por tareas)	4
Frey y Osborne (2017)	Exp./prob.	EE. UU., 702 ocupaciones	47 % del empleo con probabilidad de automatización > 0,7	4
Nedelkoska y Quintini (2018)	Exp./prob.	OCDE, 32 países	14 % alto riesgo; 32 % con cambios significativos en tareas	5
Webb (2020)	Exp./prob.	EE. UU. (patentes–O*NET)	La exposición a IA crece con el nivel educativo y salarial	4
Felten et al. (2021)	Exp./prob.	EE. UU. (índice AIOE)	Índice de exposición ocupacional; mayor en ocupaciones cognitivas de alto salario	5
Acemoglu et al. (2022)	Efecto obs.	EE. UU., vacantes 2010–2018	Firmas expuestas reducen contratación no-IA; sin efecto agregado detectable	5
Georgieff y Hyee (2022)	Efecto obs.	OCDE, 23 países	Sin relación clara entre exposición y crecimiento del empleo 2012–2019	5

Estudio	Tipo	Ámbito / datos	Hallazgo cuantitativo principal	Cal.
Gmyrek et al. (2023)	Exp./prob.	Global (OIT)	Automatización: 5,5 % (ingreso alto) vs. 0,4 % (bajo); aumento: 13,4 % vs. 10,4 %	4
Felten et al. (2023)	Exp./prob.	EE. UU.	Más expuestos: teleoperadores, docentes universitarios de humanidades; servicios legales	3
Kochhar (2023)	Exp./prob.	EE. UU.	19 % de trabajadores en empleos de alta exposición; 23 % de baja	3
Briggs y Kodnani (2023)	Proyección	EE. UU./global	~2/3 de ocupaciones expuestas; ~7 % del empleo sustituible; 300 M empleos equivalentes	2
Chui et al. (2023)	Proyección	Global (McKinsey)	Actividades que absorben 60–70 % del tiempo técnicamente automatizables	2
Albanesi et al. (2023)	Efecto obs.	16 países europeos, 2011–2019	Exposición a IA asociada a aumentos en la participación del empleo	4
Noy y Zhang (2023)	Experimento	EE. UU., 453 profesionales	Escritura con ChatGPT: −40 % de tiempo; +18 % de calidad	5
Peng et al. (2023)	Experimento	EE. UU., desarrolladores	GitHub Copilot: tarea completada 55,8 % más rápido	3
Dell'Acqua et al. (2023)	Experimento	758 consultores (BCG)	+12,2 % tareas, +25,1 % velocidad, > 40 % calidad; −19 p.p. fuera de la frontera	4
Eloundou et al. (2024)	Exp./prob.	EE. UU. (O*NET)	80 % de trabajadores con ≥ 10 % de tareas expuestas; 19 % con ≥ 50 %	5
Cazzaniga et al. (2024)	Exp./prob.	Global (FMI)	40 % del empleo mundial expuesto; 60 % en economías avanzadas; 26 % en ingreso bajo	4
Gmyrek, Winkler y Garganta (2024)	Exp./prob.	22 países de ALC	Exposición 26–38 % (Ecuador 26–27 %); automatización 2–5 %; aumento 8–14 %	4
Hui et al. (2024)	Efecto obs.	Plataforma freelance global	Freelancers expuestos: −2 % trabajos y −5,2 % ingresos mensuales	5
Autor et al. (2024)	Efecto obs.	EE. UU., 1940–2018	~60 % del empleo de 2018 en especialidades inexistentes en 1940	5
Choi et al. (2024)	Experimento	EE. UU., estudiantes de Derecho	GPT-4 aumenta la velocidad de forma amplia; mejora leve e inconsistente de calidad	4
Acemoglu (2025)	Proyección	EE. UU.	PTF ≤ 0,66 % en 10 años (< 0,53 % con tareas difíciles)	4
Brynjolfsson et al. (2025a)	Experimento	5 172 agentes de soporte	+15 % casos resueltos por hora; mayores ganancias en novatos	5
Demirci et al. (2025)	Efecto obs.	Plataforma freelance global	Avisos de escritura/programación −21 %; imagen −17 %	5
Handa et al. (2025)	Uso obs.	4 M de conversaciones (Claude.ai)	36 % de ocupaciones usan IA en ≥ 25 % de tareas; 57 % aumento vs. 43 % automatización	3
Humlum y Vestergaard (2025)	Efecto obs.	Dinamarca, registros administrativos	Efectos nulos en ingresos y horas; se descartan efectos > 2 %	5
Tomlinson et al. (2025)	Uso obs.	200 000 conversaciones (Bing Copilot)	Mayor aplicabilidad: informática, apoyo administrativo, ventas, traductores	3
Frey y Llanos-Paredes (2025)	Efecto obs.	696 mercados locales de EE. UU.	+1 p.p. uso de traducción automática → −0,7 p.p. crecimiento del empleo de traductores	4
Foro Económico Mundial (2025)	Proyección	> 1 000 empleadores	2025–2030: 170 M empleos creados y 92 M desplazados (8 %); saldo +78 M	2
Gmyrek et al. (2025)	Exp./prob.	Global, 423 ocupaciones	25 % del empleo expuesto; 3,3 % en el gradiente más alto; 34 % ingreso alto vs. 11 % bajo	5
Brynjolfsson et al. (2025b)	Efecto obs.	EE. UU., nóminas ADP	22–25 años en ocupaciones expuestas: −13 % (2025) y −19 % (2026) de empleo relativo	4
Massenkoff y McCrory (2026)	Uso obs.	EE. UU.	Sin aumento del desempleo; −14 % en tasa de hallazgo de empleo de jóvenes expuestos	3
PwC (2026)	Efecto obs.	27 países, > 1 000 M de avisos	Prima salarial por IA 62 %; plantillas +52 % en empresas más expuestas vs. +36 %	2

Nota: Exp./prob. = exposición o probabilidad de automatización; Efecto obs. = efecto observado; Uso obs. = uso observado; Cal. = calidad metodológica (0–5); p.p. = puntos porcentuales; PTF = productividad total de los factores; ALC = América Latina y el Caribe. Fuente: elaboración propia.

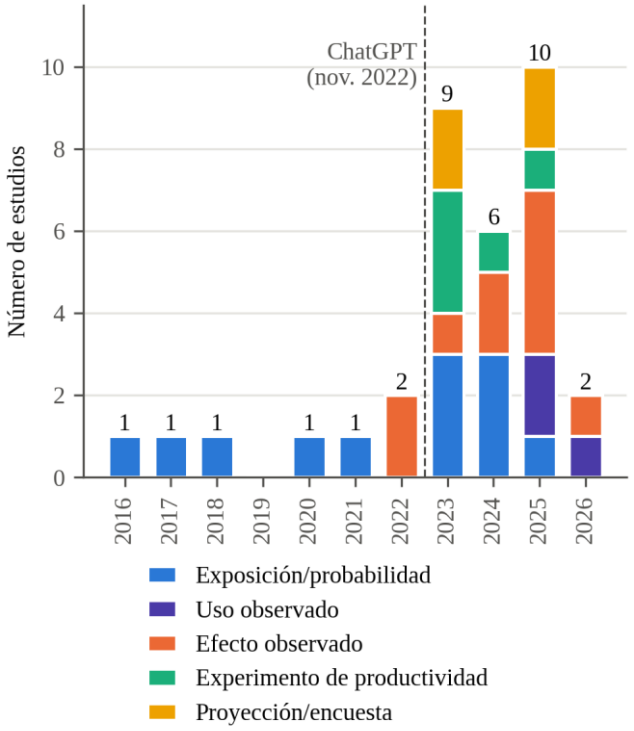


Fig. 2 Distribución de los estudios incluidos por año de publicación y tipo de evidencia (n = 34)

Fuente: elaboración propia.

3.2 Magnitud estimada de la sustitución total frente a la exposición parcial (PI1)

Las estimaciones de empleo en alto riesgo de sustitución total mostraron una caída marcada según el enfoque metodológico (Fig. 3). Los tres estudios previos a la IA generativa arrojaron una mediana de 14 % (intervalo 9–47 %), con el valor extremo de Frey y Osborne (2017), que asignó probabilidades a ocupaciones completas. Los seis valores de los estudios de 2023–2025, basados en tareas y en IA generativa, presentaron una mediana de 4,5 % (intervalo 0,4–8 %; RIC 3,4–6,6 %). El valor más alto de este grupo corresponde a la proyección del Foro Económico Mundial (2025): 92 millones de puestos desplazados hacia 2030, equivalentes al 8 % del empleo cubierto, compensados por 170 millones de puestos nuevos.

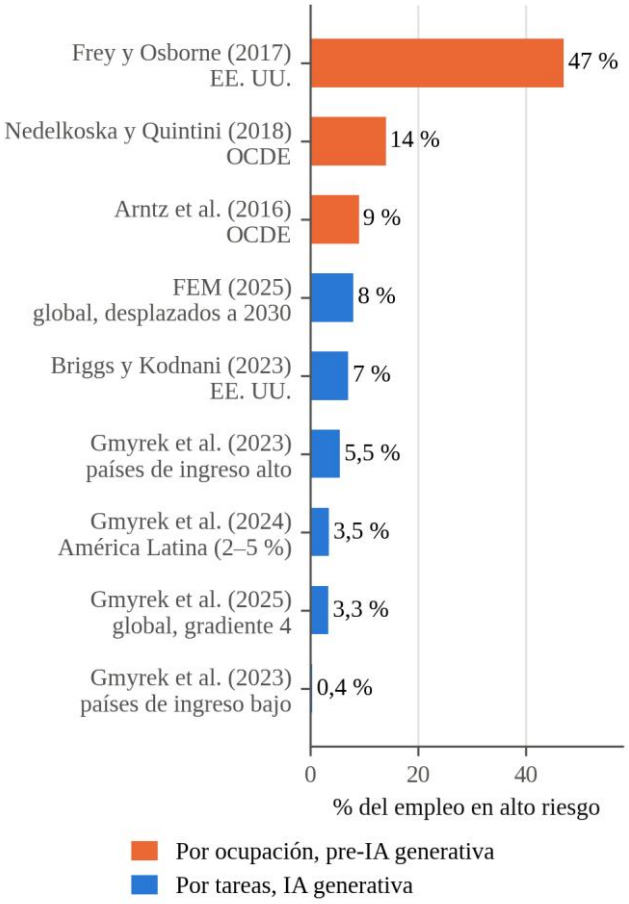


Fig. 3 Porcentaje del empleo estimado en alto riesgo de sustitución o automatización total, por estudio y enfoque

Nota: para América Latina se representa el punto medio del intervalo reportado (2–5 %). Fuente: elaboración propia con datos de los estudios citados.

En contraste, la exposición parcial —ocupaciones en las que una fracción relevante de tareas puede ser realizada o acelerada por IA— es amplia (Tabla 3). Eloundou et al. (2024) estimaron que el 80 % de los trabajadores estadounidenses tiene al menos el 10 % de sus tareas expuestas a los LLM y el 19 % al menos la mitad. A escala mundial, el FMI situó la exposición en 40 % (Cazzaniga et al., 2024) y la OIT en 25 % (Gmyrek et al., 2025); la diferencia obedece a que el FMI utiliza un índice amplio de IA y la OIT uno específico de IA generativa. Ambos coinciden en un gradiente por nivel de desarrollo: la exposición es mayor en economías avanzadas (60 % FMI; 34 % OIT) que en países de ingreso bajo (26 % y 11 %) (Fig. 4). Solo una fracción de esa exposición implica riesgo de sustitución: en las economías avanzadas, el 27 % del empleo combina alta exposición con alta complementariedad (probable aumento) y el 33 % alta exposición con baja complementariedad (posible desplazamiento).

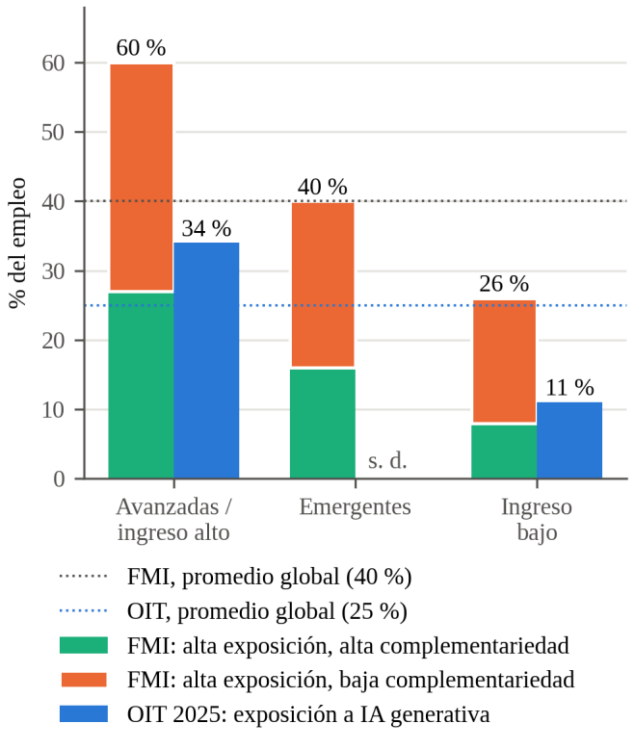


Fig. 4 Exposición del empleo a la IA según nivel de ingreso de los países: comparación FMI (2024) y OIT (2025)

Nota: s. d. = sin dato comparable en la OIT para ese agregado. Fuente: elaboración propia con datos de Cazzaniga et al. (2024) y Gmyrek et al. (2025).

Para América Latina, la exposición total oscila entre 26–27 % (Barbados, Ecuador, Bolivia) y 37–38 % (Uruguay, Costa Rica); el potencial de automatización es de 2–5 % y el de aumento de 8–14 %. Un hallazgo relevante para la región es que casi la mitad de los empleos con potencial de aumento no puede aprovecharlo por la brecha digital, lo que afecta a unos 17 millones de puestos en los 16 países con microdatos (Gmyrek, Winkler y Garganta, 2024). En la región, los trabajadores más expuestos son urbanos, formales, con educación superior e ingresos altos, y el riesgo de automatización se concentra en finanzas, seguros y administración pública.

3.3 Efectos observados sobre el empleo, los ingresos y la productividad (PI2)

De los nueve indicadores de efectos ex post extraídos, siete fueron negativos, con una mediana de −14 % (Fig. 5). Los efectos más intensos se localizan en mercados de trabajo independiente: tras el lanzamiento de ChatGPT, los avisos para tareas de escritura y programación automatizables cayeron 21 % y los de creación de imágenes 17 % (Demirci et al., 2025); los trabajadores independientes de ocupaciones expuestas redujeron 2 % sus trabajos y 5,2 % sus ingresos mensuales (Hui et al., 2024). En el empleo asalariado, el efecto se concentra en la puerta de entrada: los trabajadores de 22 a 25 años en ocupaciones expuestas registraron una caída relativa de empleo de 13 % (Brynjolfsson et al., 2025b), ampliada a 19 % con datos hasta junio de 2026, explicada por menos contrataciones y no por despidos; de forma independiente, Massenkoff y McCrory (2026) hallaron una caída de 14 % en la tasa de hallazgo de empleo de jóvenes en ocupaciones expuestas, sin aumento del desempleo general.

Tabla 3
Síntesis de estimaciones de exposición y sustitución por ámbito

Ámbito	Exposición parcial (% del empleo)	Sustitución/automatización (% del empleo)	Fuente
Mundial	25 % (IA generativa) · 40 % (IA general)	3,3 % (gradiente 4)	Gmyrek et al. (2025); Cazzaniga et al. (2024)
Economías avanzadas / ingreso alto	34 % · 60 %	5,5 % · 33 % baja complementariedad	Gmyrek et al. (2023, 2025); Cazzaniga et al. (2024)
Economías emergentes	40 %	24 % baja complementariedad	Cazzaniga et al. (2024)
Ingreso bajo	11 % · 26 %	0,4 % · 18 % baja complementariedad	Gmyrek et al. (2023, 2025); Cazzaniga et al. (2024)
América Latina y el Caribe	26–38 %	2–5 %	Gmyrek, Winkler y Garganta (2024)
Ecuador	26–27 %	2–5 % (intervalo regional)	Gmyrek, Winkler y Garganta (2024)
Estados Unidos	80 % (≥ 10 % de tareas) · 19 % (alta)	7 %	Eloundou et al. (2024); Kochhar (2023); Briggs y Kodnani (2023)

Nota: "baja complementariedad" (FMI) identifica empleo altamente expuesto con menor protección institucional o social frente al desplazamiento; no equivale a pérdida efectiva de empleo. Fuente: elaboración propia.

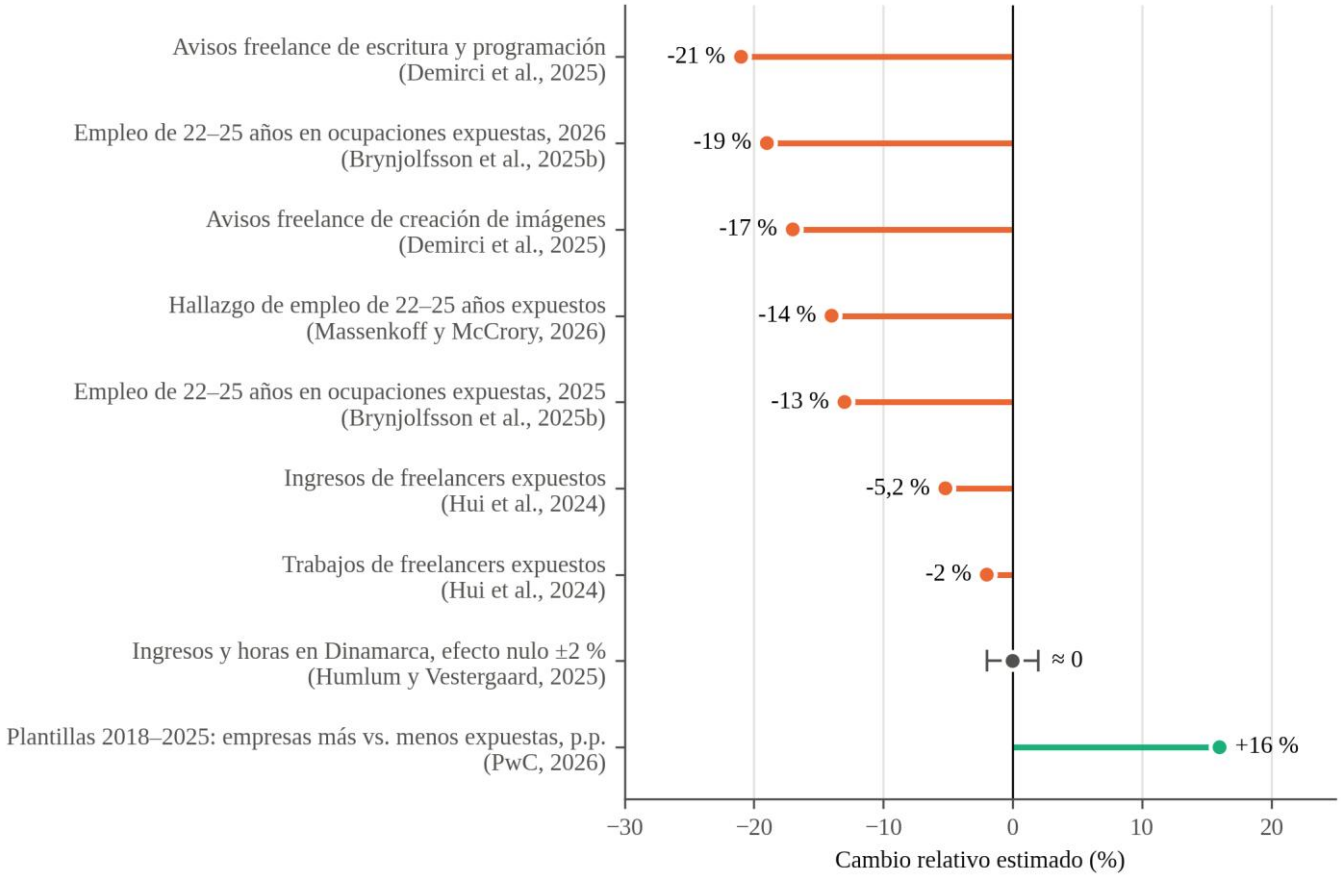


Fig. 5 Efectos observados de la IA sobre empleo, avisos laborales e ingresos

Nota: la barra de error de Humlum y Vestergaard (2025) representa el efecto máximo no descartado (±2 %). El valor de PwC (2026) se expresa en puntos porcentuales. Fuente: elaboración propia.

La evidencia agregada, sin embargo, es mayoritariamente nula o positiva. Con registros administrativos de Dinamarca, Humlum y Vestergaard (2025) descartaron efectos superiores al 2 % sobre ingresos y horas dos años después de ChatGPT, pese a una adopción extendida. En Estados Unidos, las empresas expuestas reorganizaron su demanda de habilidades sin efectos detectables en el empleo total (Acemoglu et al., 2022), y en 23 países de la OCDE no se observó relación clara entre exposición y crecimiento del empleo (Georgieff y Hyee, 2022); en Europa la relación fue incluso positiva (Albanesi et al., 2023). El barómetro de PwC (2026), basado en más de mil millones de avisos, reporta que las empresas más expuestas aumentaron sus plantillas un 52 % entre 2018 y 2025, frente a un 36 % de las menos expuestas, y que los perfiles con habilidades de IA perciben una prima salarial media de 62 %. A nivel de ocupación, el caso mejor documentado de sustitución es el de los traductores: por cada punto porcentual de aumento en el uso de traducción automática, el crecimiento del empleo de traductores se redujo 0,7 puntos, equivalente a unos 28 000 puestos no creados entre 2010 y 2023 (Frey y Llanos-Paredes, 2025).

Los experimentos controlados muestran de forma consistente que la IA aumenta la productividad del trabajador en lugar de reemplazarlo (Fig. 6). La mediana de las mejoras positivas fue de +25,1 % (intervalo 12,2–55,8 %): programadores con GitHub Copilot completaron una tarea 55,8 % más rápido (Peng et al., 2023); profesionales de la escritura redujeron 40 % su tiempo y elevaron 18 % la calidad (Noy y Zhang, 2023); consultores de BCG completaron 12,2 % más tareas, 25,1 % más rápido y con más de 40 % de mejora en calidad (Dell'Acqua et al., 2023); y agentes de soporte resolvieron 15 % más casos por hora (Brynjolfsson et al., 2025a). Dos regularidades destacan: las ganancias son mayores en los trabajadores menos experimentados, y el rendimiento empeora cuando la tarea está fuera de la «frontera» de capacidades de la IA (−19 puntos porcentuales en exactitud).

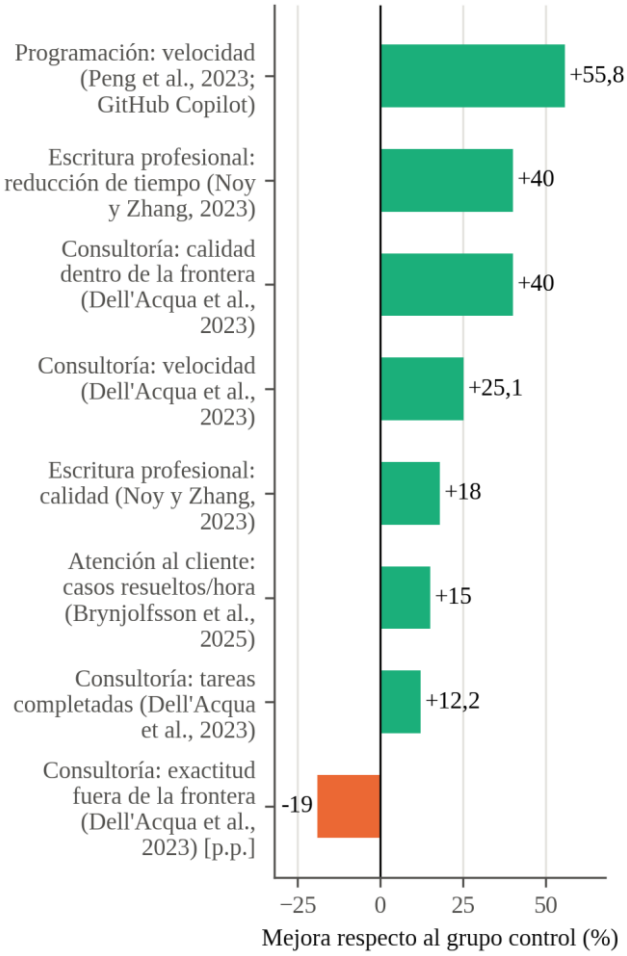


Fig. 6 Efectos de la IA generativa sobre la productividad en experimentos controlados

Fuente: elaboración propia con datos de los estudios citados.

En el plano macroeconómico, la proyección más conservadora estima un aumento de la productividad total de los factores no mayor al 0,66 % en diez años, y menor al 0,53 % si se consideran tareas difíciles de aprender (Acemoglu, 2025); las estimaciones de consultoras son más altas y suponen la automatización técnica de actividades que absorben 60–70 % del tiempo laboral (Chui et al., 2023), aunque con menor calidad metodológica.

3.4 Profesiones con mayor y menor probabilidad de sustitución (PI3)

La matriz de concordancia entre 12 estudios con información ocupacional (Fig. 7) muestra que los grupos identificados con mayor frecuencia como de alta exposición o con efectos negativos observados fueron programadores y desarrolladores web, oficinistas y digitadores, teleoperadores y personal de atención al cliente, y redactores y correctores (cinco estudios cada uno), seguidos de contables y analistas financieros (cuatro), traductores e intérpretes y diseñadores gráficos (tres). En el extremo opuesto, los oficios manuales y de construcción (cuatro estudios) y el cuidado directo y la enfermería (dos) aparecieron sistemáticamente como de baja exposición, en línea con la paradoja de Moravec: las tareas sensoriomotoras en entornos no estructurados siguen siendo difíciles de automatizar.

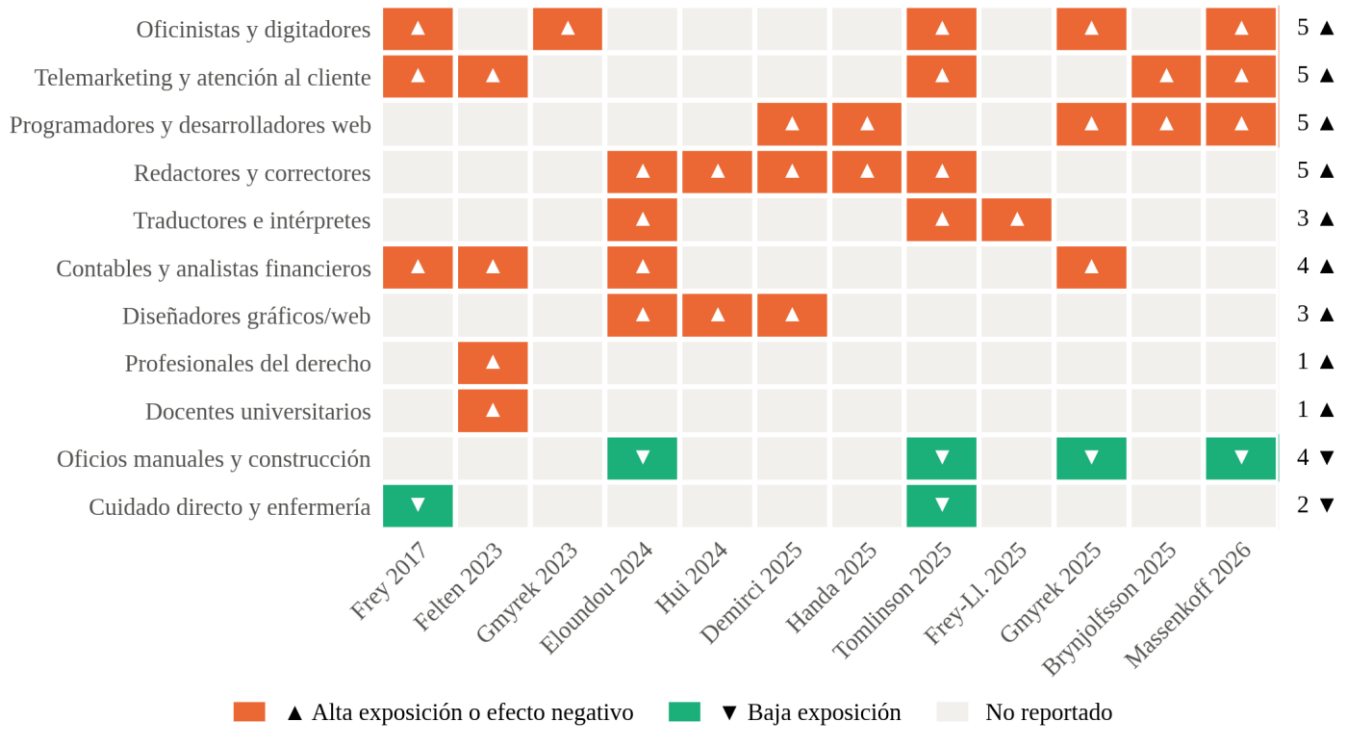


Fig. 7 Matriz de concordancia entre estudios: grupos profesionales identificados como de alta o baja exposición a la IA

Nota: la columna derecha indica el número de estudios que señalan cada grupo. Fuente: elaboración propia.

Tabla 4

Síntesis de la probabilidad de sustitución por grupo profesional

Grupo profesional	Exposición técnica	Evidencia observada	Evidencia experimental	Valoración
Oficinistas, digitadores, auxiliares contables	Muy alta (gradiente 4 OIT; 67 % de tareas cubiertas)	Mayor riesgo de automatización en mujeres de países de ingreso alto (9,6 % vs. 3,5 %)	—	**Sustitución parcial alta**: tareas rutinarias automatizables
Atención al cliente y telemarketing	Muy alta	Caída de empleo juvenil en ocupaciones expuestas	+15 % productividad; mayor en novatos	**Sustitución parcial alta** en puestos de entrada; aumento en expertos
Programadores y desarrolladores web	Muy alta (75 % de tareas cubiertas)	−21 % avisos freelance; caída del empleo de 22–25 años	+55,8 % velocidad	**Mixta**: desplazamiento junior, aumento senior
Redactores, correctores, periodistas	Muy alta	−21 % avisos; −5,2 % ingresos freelance	−40 % tiempo; +18 % calidad	**Sustitución parcial alta** en contenido estandarizado
Traductores e intérpretes	Alta	−0,7 p.p. crecimiento por cada p.p. de uso de traducción automática	—	**Sustitución parcial alta**, la mejor documentada
Contables y analistas financieros	Alta	Riesgo de automatización juvenil en finanzas (ALC)	—	**Sustitución parcial media**: persiste el juicio fiduciario
Diseñadores gráficos	Alta	−17 % avisos de creación de imágenes	—	**Sustitución parcial media** en piezas estandarizadas
Profesionales del derecho, consultores	Alta (servicios legales)	Sin evidencia de pérdida de empleo	Aumento de velocidad; +25,1 % velocidad consultoría	**Aumento**: complementariedad dominante
Docentes universitarios	Alta	Sin evidencia de pérdida de empleo	—	**Aumento/transformación**
Oficios manuales y construcción	Baja	Sin efectos	—	**Sustitución improbable** a mediano plazo
Cuidado directo y enfermería	Baja	Sin efectos	—	**Sustitución improbable**

Fuente: elaboración propia a partir de los estudios incluidos (Tabla 2).

Integrando exposición técnica, efectos observados y evidencia experimental, la Tabla 4 clasifica las profesiones según la probabilidad de sustitución. Ninguna profesión presentó evidencia de desaparición total; la sustitución observada ocurre en segmentos (tareas estandarizadas, puestos de entrada, trabajo independiente por encargo).

4. Discusión

La síntesis cuantitativa responde de manera matizada a la pregunta de si la IA sustituirá profesiones. El resultado central es la brecha entre exposición y sustitución: mientras entre una cuarta parte y dos quintas partes del empleo mundial está expuesto, la fracción en riesgo de sustitución total en los estudios recientes ronda el 4–5 %, y los efectos agregados observados sobre ingresos y horas son estadísticamente nulos. Este patrón coincide con el marco basado en tareas (Acemoglu y Restrepo, 2019): la IA automatiza tareas dentro de las ocupaciones, pero los efectos productividad y reinstalación han compensado hasta ahora el desplazamiento en el agregado. La reducción de las estimaciones de riesgo, desde el 47 % de Frey y Osborne (2017) hasta el 3,3 % del gradiente más alto de la OIT (Gmyrek et al., 2025), no indica que la tecnología sea menos capaz, sino que medir tareas en lugar de ocupaciones completas revela la heterogeneidad interna del trabajo, tal como advirtieron Arntz et al. (2016).

No obstante, interpretar la ausencia de efectos agregados como ausencia de riesgo sería un error. La evidencia más reciente converge en que el ajuste ocurre por el margen de contratación y no por despidos: los trabajadores jóvenes en ocupaciones expuestas encuentran menos empleo (Brynjolfsson et al., 2025b; Massenkoff y McCrory, 2026), y los mercados de trabajo independiente —donde los encargos se ajustan con rapidez— muestran las caídas más pronunciadas (Demirci et al., 2025; Hui et al., 2024). Este hallazgo tiene implicaciones profundas para la formación profesional: si las tareas repetitivas con las que tradicionalmente se capacitaba a los principiantes son las primeras en automatizarse, las organizaciones podrían erosionar su propia cantera de expertos. Paradójicamente, los experimentos muestran que los menos experimentados son quienes más ganan en productividad con IA (Brynjolfsson et al., 2025a; Dell'Acqua et al., 2023), lo que sugiere que el desplazamiento juvenil responde más a decisiones de contratación que a limitaciones técnicas del trabajador asistido.

En cuanto a las profesiones, la evidencia desmiente la intuición de que la IA afecta principalmente al trabajo poco calificado. Los grupos más expuestos —programadores, redactores, traductores, analistas financieros, docentes universitarios— requieren alta escolaridad y perciben salarios superiores a la media (Kochhar, 2023; Webb, 2020). Sin embargo, exposición alta no equivale a sustitución: en derecho y consultoría los experimentos indican complementariedad, mientras que en traducción y redacción estandarizada ya se observa sustitución parcial medible. Los determinantes que separan ambos destinos son, según los estudios revisados, el grado de estandarización del producto, la verificabilidad del resultado, la necesidad de juicio y responsabilidad legal, y la interacción humana directa. Por el contrario, la baja exposición de los oficios manuales y del cuidado, reconocida desde Frey y Osborne (2017) para las ocupaciones de salud, refleja los límites de la robótica en entornos físicos no estructurados.

Para América Latina y Ecuador, los resultados sugieren un riesgo inmediato menor que en economías avanzadas —exposición de 26–27 % frente a 34–60 %—, pero también un beneficio potencial menor, porque la brecha digital impide que casi la mitad de los empleos con potencial de aumento lo aprovechen (Gmyrek, Winkler y Garganta, 2024). La informalidad, que predomina en ocupaciones manuales y de servicios personales, amortigua la exposición, pero no protege a los segmentos formales, urbanos y con educación superior, que concentran el riesgo en finanzas, seguros y administración pública. En consecuencia, las políticas pertinentes para la región no son solo de protección ante la sustitución, sino de conectividad, alfabetización digital y reconversión de las carreras universitarias más expuestas. Para las instituciones de educación superior, esto implica rediseñar los currículos hacia competencias que la IA complementa (juicio experto, verificación, comunicación, trabajo con datos) y no hacia aquellas que automatiza.

Los resultados deben leerse con cautela por varias razones. Primero, los índices de exposición miden factibilidad técnica, no adopción: una tarea automatizable puede seguir realizándose por personas por costos, regulación o preferencias (Acemoglu, 2025). Segundo, la evidencia ex post cubre apenas tres a cuatro años desde la difusión de la IA generativa y se concentra en Estados Unidos y Europa; la IA agéntica, capaz de encadenar tareas de forma autónoma, podría acelerar la sustitución de flujos de trabajo completos, algo que los estudios incluidos todavía no capturan. Tercero, las proyecciones de consultoras y foros empresariales obtuvieron las puntuaciones de calidad más bajas y suelen difundirse más que la evidencia rigurosa.

4.1 Limitaciones

Esta revisión presenta limitaciones metodológicas. La búsqueda se realizó mediante un motor académico de la web y repositorios institucionales, no directamente en las interfaces de Scopus o Web of Science, por lo que el número de registros identificados es menor que el que produciría la ecuación booleana en esas bases; se recomienda replicarla para ampliar la cobertura. El protocolo no se registró en PROSPERO ni en OSF, el cribado fue realizado por un solo revisor y la heterogeneidad de las métricas impidió un metaanálisis con ponderación por varianza. La inclusión de literatura gris (documentos de trabajo e informes institucionales) fue deliberada, dado que gran parte de la evidencia sobre IA generativa aún no ha completado la revisión por pares, pero introduce heterogeneidad en la calidad. Finalmente, la escasez de estudios específicos para Ecuador obliga a extrapolar desde estimaciones regionales.

5. Conclusiones

La IA sustituye tareas antes que profesiones. En los estudios recientes basados en tareas, la mediana del empleo en alto riesgo de sustitución total es de 4,5 %, muy inferior al 14–47 % de las estimaciones previas a la IA generativa, mientras que la exposición parcial alcanza al 25–40 % del empleo mundial.

La sustitución ya es observable, pero es focalizada: afecta principalmente a los puestos de entrada (−13 % a −19 % de empleo relativo en jóvenes de 22–25 años en ocupaciones expuestas) y al trabajo independiente de escritura, programación, imagen y traducción (−17 % a −21 % en avisos), sin efectos agregados detectables sobre ingresos u horas.

Los experimentos controlados muestran que la IA aumenta la productividad de los trabajadores (mediana +25,1 %), con mayores beneficios para los menos experimentados y con pérdidas cuando se usa fuera de su frontera de capacidades.

Las profesiones con mayor probabilidad de sustitución parcial son oficinistas y digitadores, teleoperadores y atención

al cliente, redactores, traductores y programadores junior; las de menor probabilidad, los oficios manuales y el cuidado directo. Derecho, consultoría y docencia muestran un perfil de complementariedad.

En Ecuador, la exposición (26–27 %) es inferior a la de economías avanzadas, pero la brecha digital limita el aprovechamiento del aumento de productividad. Se recomienda a las universidades y a los formuladores de política priorizar la alfabetización digital, la reconversión curricular de las carreras más expuestas y el monitoreo del empleo juvenil profesional.

Se requieren estudios con datos administrativos latinoamericanos, seguimiento de la IA agéntica y revisiones con búsqueda directa en Scopus y Web of Science y doble revisor para confirmar estas tendencias.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi compañero doctor Richard Ramos por ayudarme en este camino de rigor academico

Contribución de los autores: M. Á. Guzmán Freire: conceptualización, metodología, búsqueda y selección de estudios, extracción y análisis de datos, visualización, redacción—borrador original, redacción—revisión y edición. El autor ha leído y aprobado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: El autor no recibió apoyo financiero para la investigación, redacción y/o publicación de este artículo.

Conflictos de intereses: El autor declara no tener conflictos de interés.

Declaración de uso de inteligencia artificial: Se utilizó Claude (Anthropic; modelo Claude Opus 5.5) para apoyar la búsqueda bibliográfica, la extracción de datos, la generación de gráficos y la redacción preliminar. El autor verificó los datos contra las fuentes originales y asume la responsabilidad del contenido.

Referencias

Acemoglu, D. (2025). The simple macroeconomics of AI. *Economic Policy, 40*(121), 13–58. https://doi.org/10.1093/epolic/eiae042

Acemoglu, D., Autor, D., Hazell, J., y Restrepo, P. (2022). Artificial intelligence and jobs: Evidence from online vacancies. *Journal of Labor Economics, 40*(S1), S293–S340. https://doi.org/10.1086/718327

Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2019). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives, 33*(2), 3–30. https://doi.org/10.1257/jep.33.2.3

Albanesi, S., Dias da Silva, A., Jimeno, J. F., Lamo, A., y Wabitsch, A. (2023). *New technologies and jobs in Europe* (NBER Working Paper No. 31357). National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w31357

Arntz, M., Gregory, T., y Zierahn, U. (2016). *The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis* (OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 189). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en

Autor, D., Chin, C., Salomons, A., y Seegmiller, B. (2024). New frontiers: The origins and content of new work, 1940–2018. *The Quarterly Journal of Economics, 139*(3), 1399–1465. https://doi.org/10.1093/qje/qjae008

Briggs, J., y Kodnani, D. (2023). *The potentially large effects of artificial intelligence on economic growth*. Goldman Sachs Global Economics Analyst.

Brynjolfsson, E., Li, D., y Raymond, L. (2025a). Generative AI at work. *The Quarterly Journal of Economics, 140*(2), 889–942. https://doi.org/10.1093/qje/qjae044

Brynjolfsson, E., Chandar, B., y Chen, R. (2025b). *Canaries in the coal mine? Six facts about the recent employment effects of artificial intelligence* [Documento de trabajo; actualización de agosto de 2026]. Stanford Digital Economy Lab. https://digitaleconomy.stanford.edu/publication/canaries-in-the-coal-mine-six-facts-about-the-recent-employment-effects-of-artificial-intelligence/

Cazzaniga, M., Jaumotte, F., Li, L., Melina, G., Panton, A. J., Pizzinelli, C., Rockall, E., y Tavares, M. M. (2024). *Gen-AI: Artificial intelligence and the future of work* (IMF Staff Discussion Note SDN/2024/001). International Monetary Fund. https://www.imf.org/-/media/files/publications/sdn/2024/english/sdnea2024001.pdf

Choi, J. H., Monahan, A., y Schwarcz, D. (2024). Lawyering in the age of artificial intelligence. *Minnesota Law Review*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4626276

Chui, M., Hazan, E., Roberts, R., Singla, A., Smaje, K., Sukharevsky, A., Yee, L., y Zemmel, R. (2023). *The economic potential of generative AI: The next productivity frontier*. McKinsey Global Institute.

Dehouche, N. (2026). Creation, validation, obsolescence: Observed evidence of AI-driven labor market displacement, 2020–2025. *Frontiers in Human Dynamics*. https://doi.org/10.3389/fhumd.2026.1815037

Dell'Acqua, F., McFowland, E., Mollick, E. R., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K., Rajendran, S., Krayer, L., Candelon, F., y Lakhani, K. R. (2023). *Navigating the jagged technological frontier: Field experimental evidence of the effects of AI on knowledge worker productivity and quality* (Harvard Business School Working Paper No. 24-013). https://doi.org/10.2139/ssrn.4573321

Demirci, O., Hannane, J., y Zhu, X. (2025). Who is AI replacing? The impact of generative AI on online freelancing platforms. *Management Science*. https://doi.org/10.1287/mnsc.2024.05420

Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., y Rock, D. (2024). GPTs are GPTs: Labor market impact potential of LLMs. *Science, 384*(6702), 1306–1308. https://doi.org/10.1126/science.adj0998

Felten, E., Raj, M., y Seamans, R. (2021). Occupational, industry, and geographic exposure to artificial intelligence: A novel dataset and its potential uses. *Strategic Management Journal, 42*(12), 2195–2217. https://doi.org/10.1002/smj.3286

Felten, E., Raj, M., y Seamans, R. (2023). *How will language modelers like ChatGPT affect occupations and industries?* (arXiv:2303.01157). https://arxiv.org/abs/2303.01157

Foro Económico Mundial. (2025). *The future of jobs report 2025*. World Economic Forum. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf

Frey, C. B., y Llanos-Paredes, P. (2025). *Lost in translation: Artificial intelligence and the demand for foreign language skills* [Documento de trabajo]. Oxford Martin School, University of Oxford. https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/lost-in-translation-artificial-intelligence-and-the-demand-for-foreign-language-skills

Frey, C. B., y Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change, 114*, 254–280. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019

Georgieff, A., y Hyee, R. (2022). Artificial intelligence and employment: New cross-country evidence. *Frontiers in Artificial Intelligence, 5*, 832736. https://doi.org/10.3389/frai.2022.832736

Gmyrek, P., Berg, J., y Bescond, D. (2023). *Generative AI and jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality* (ILO Working Paper No. 96). Organización Internacional del Trabajo. https://doi.org/10.54394/FHEM8239

Gmyrek, P., Berg, J., Kamiński, K., Konopczyński, F., Ładna, A., Nafradi, B., Rosłaniec, K., y Troszyński, M. (2025). *Generative AI and jobs: A refined global index of occupational exposure* (ILO Working Paper No. 140). Organización Internacional del Trabajo. https://www.ilo.org/publications/generative-ai-and-jobs-refined-global-index-occupational-exposure

Gmyrek, P., Winkler, H., y Garganta, S. (2024). *Buffer or bottleneck? Employment exposure to generative AI and the digital divide in Latin*

America (ILO Working Paper No. 121; World Bank Policy Research Working Paper No. 10863). OIT y Banco Mundial. https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-07/WP121_web.pdf

Handa, K., Tamkin, A., McCain, M., Huang, S., Durmus, E., Heck, S., Mueller, J., Hong, J., Ritchie, S., Belonax, T., Troy, K. K., Amodei, D., Kaplan, J., Clark, J., y Ganguli, D. (2025). *Which economic tasks are performed with AI? Evidence from millions of Claude conversations* (arXiv:2503.04761). https://arxiv.org/abs/2503.04761

Hui, X., Reshef, O., y Zhou, L. (2024). The short-term effects of generative artificial intelligence on employment: Evidence from an online labor market. *Organization Science, 35*(6), 1977–1989. https://doi.org/10.1287/orsc.2023.18441

Humlum, A., y Vestergaard, E. (2025). *Large language models, small labor market effects* (NBER Working Paper No. 33777). National Bureau of Economic Research. https://www.nber.org/papers/w33777

Kochhar, R. (2023). *Which U.S. workers are more exposed to AI on their jobs?* Pew Research Center. https://www.pewresearch.org/social-trends/2023/07/26/which-u-s-workers-are-more-exposed-to-ai-on-their-jobs/

Lane, M., y Saint-Martin, A. (2021). *The impact of artificial intelligence on the labour market: What do we know so far?* (OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 256). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/7c895724-en

Massenkoff, M., y McCrory, P. (2026). *Labor market impacts of AI: A new measure and early evidence*. Anthropic. https://www.anthropic.com/research/labor-market-impacts

Nedelkoska, L., y Quintini, G. (2018). *Automation, skills use and training* (OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 202). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/2e2f4eea-en

Noy, S., y Zhang, W. (2023). Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence. *Science, 381*(6654), 187–192. https://doi.org/10.1126/science.adh2586

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Peng, S., Kalliamvakou, E., Cihon, P., y Demirer, M. (2023). *The impact of AI on developer productivity: Evidence from GitHub Copilot* (arXiv:2302.06590). https://arxiv.org/abs/2302.06590

PwC. (2026). *Two futures for jobs in an AI era: 2026 Global AI Jobs Barometer*. PricewaterhouseCoopers. https://www.pwc.com/gx/en/issues/artificial-intelligence/job-barometer/2026/2026-global-ai-jobs-barometer-global-findings.pdf

Tomlinson, K., Jaffe, S., Wang, W., Counts, S., y Suri, S. (2025). *Working with AI: Measuring the occupational implications of generative AI* (arXiv:2507.07935). https://arxiv.org/abs/2507.07935

Webb, M. (2020). *The impact of artificial intelligence on the labor market* [Documento de trabajo]. Stanford University. https://doi.org/10.2139/ssrn.3482150

Anexo A. Registro de consultas ejecutadas (22/09/2026)

Cód.	Tema de la consulta	Reg.	Dup.
S01	Índice refinado OIT de exposición a IA generativa	10	6
S02	Impacto potencial de los LLM (GPTs are GPTs)	9	8
S03	FMI: IA generativa y futuro del trabajo	9	6
S04	Empleo de trabajadores jóvenes en ocupaciones expuestas	10	6
S05	IA generativa y brecha digital en América Latina	10	8
S06	LLM y efectos en el mercado laboral danés	10	6
S07	Efectos de la IA generativa en trabajo freelance (Upwork)	10	6
S08	¿A quién reemplaza la IA? Plataformas freelance	9	5
S09	Tareas realizadas con IA (Anthropic Economic Index)	9	4
S10	Futuro del empleo 2025 (FEM)	9	2
S11	Aplicabilidad ocupacional de la IA (Copilot)	9	5
S12	Traducción automática y empleo de traductores	10	4
S13	Barómetro global de empleos de IA	9	4
S14	Revisiones sistemáticas PRISMA sobre desplazamiento laboral	10	2
S15	OIT 2023: efectos en cantidad y calidad del empleo	9	6
S16	Exposición ocupacional a modelos de lenguaje	10	9
S17	Exposición del empleo a la IA en Ecuador	9	0
S18	Macroeconomía de la IA y productividad	10	8
S19	Ensayo aleatorizado de IA en trabajo jurídico	10	5
S20	Trabajadores estadounidenses expuestos a IA	10	7
Total		191	107

© 2026. The Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

HORIZONTES AMAZÓNICOS

PastazaUnida & Solidaria

Cobertura arbórea urbana como elemento de mitigación de islas de calor y mejoramiento del confort térmico en Nueva Loja, Sucumbíos, Ecuador

Urban tree cover as an element for heat island mitigation and thermal comfort improvement in Nueva Loja, Sucumbíos, Ecuador

Revisión Bibliográfica

Simbaña Morales Erick Stalin [a], Shiguango Andi Leandro Joffre [a]

[a] *Universidad Estatal Amazónica, Ecuador*

Resumen. La presencia de cobertura arbórea en los espacios urbanos constituye un componente de importancia para la gestión ambiental y el mejoramiento de las condiciones microclimáticas de las ciudades amazónicas. El presente estudio analiza la influencia del arbolado urbano en la mitigación de las islas de calor y el confort térmico, tomando como referencia la ciudad de Nueva Loja, provincia de Sucumbíos. Se desarrolló una revisión bibliográfica de artículos científicos, tesis y documentos institucionales relacionados con vegetación urbana, regulación térmica e infraestructura verde, priorizando investigaciones realizadas en ciudades tropicales. Los resultados evidencian que Nueva Loja cuenta con un importante recurso vegetal, representado principalmente por el Parque Ecológico Nueva Loja, donde se registraron 269 individuos, 27 familias y 59 especies arbóreas. Además, la planificación territorial del cantón incorpora acciones orientadas al fortalecimiento de áreas verdes, corredores verdes, infraestructura verde y arborización urbana. La comparación con investigaciones desarrolladas en otras ciudades tropicales permite reconocer que la presencia, estructura y distribución del arbolado favorecen la regulación de las condiciones térmicas mediante la generación de sombra y otros procesos naturales. En este sentido, la diversidad arbórea existente en Nueva Loja representa una base favorable para fortalecer estrategias de adaptación y planificación ambiental urbana. Se concluye que el arbolado urbano constituye un recurso con potencial para contribuir al mejoramiento microclimático de Nueva Loja y que su conservación, manejo y adecuada distribución pueden integrarse como elementos importantes dentro de la planificación urbana sostenible.

Palabras clave: Diversidad arbórea; infraestructura verde; planificación ambiental; regulación microclimática; sostenibilidad urbana

Abstract. Tree cover in urban spaces is a crucial component for environmental management and the improvement of microclimatic conditions in Amazonian cities. This study analyzes the influence of urban trees on heat island mitigation and thermal comfort, focusing on the city of Nueva Loja in Sucumbíos Province. A literature review was conducted covering scientific articles, theses, and institutional documents regarding urban vegetation, thermal regulation, and green infrastructure, prioritizing research carried out in tropical cities. The results show that Nueva Loja possesses significant vegetation resources, primarily within the Nueva Loja Ecological Park, where 269 individual trees belonging to 27 families and 59 species were recorded. Furthermore, the canton's land-use planning incorporates measures aimed at strengthening green areas, green corridors, green infrastructure, and urban tree planting. Comparisons with research from other tropical cities indicate that the presence, structure, and distribution of trees help regulate thermal conditions through shading and other natural processes. Consequently, the tree diversity found in Nueva Loja provides a solid foundation for strengthening adaptation strategies and urban environmental planning. The study concludes that urban trees represent a resource with the potential to improve Nueva Loja's microclimate and that their conservation, management, and proper distribution can be integrated as key elements of sustainable urban planning.

Keywords: Tree diversity; green infrastructure; environmental planning; microclimate regulation; urban sustainability

ID documento: HA-V2-N2-006 **Recibido:** 2026-06-10 | **Aceptado:** 2026-08-22 | **Publicado:** 2026-11-11

1. Introducción

El crecimiento urbano y la sustitución de áreas vegetadas por superficies impermeables modifican las condiciones térmicas de las ciudades y favorecen la formación de islas de calor urbanas (ICU). Este fenómeno es especialmente relevante en ciudades tropicales, donde las altas temperaturas y la humedad pueden incrementar el estrés térmico. La vegetación urbana constituye una alternativa natural para reducir estos efectos y mejorar las condiciones microclimáticas (Priya y Senthil, 2021).

La cobertura arbórea contribuye a la regulación térmica principalmente mediante la sombra y la evapotranspiración. Estudios recientes señalan que su capacidad de enfriamiento depende de características como la altura, densidad y configuración espacial de los árboles, además de las condiciones climáticas locales (Alonzo et al., 2025). Asimismo, Guo et al. (2023) encontraron menores temperaturas superficiales en áreas cubiertas por árboles en comparación con superficies urbanizadas.

Además de disminuir la temperatura, la vegetación urbana puede favorecer el confort térmico de los peatones. Una revisión sistemática de 76 estudios identificó una relación positiva entre la infraestructura verde y el confort térmico en diferentes condiciones climáticas, incluyendo ambientes tropicales, destacando la importancia de los árboles urbanos (De Quadros y Mizgier, 2023).

En Nueva Loja, provincia de Sucumbíos, existe presencia de vegetación arbórea urbana, como la registrada en el Parque Ecológico Nueva Loja, donde se han realizado estudios sobre su estructura y diversidad. Sin embargo, estos antecedentes se concentran principalmente en aspectos florísticos y

estructurales, por lo que existe la necesidad de analizar su relación con la regulación térmica urbana.

Por ello, el presente artículo tiene como objetivo analizar, mediante una revisión bibliográfica, la influencia de la cobertura arbórea urbana en la mitigación de las islas de calor y el mejoramiento del confort térmico en ciudades tropicales, considerando su posible aplicación al contexto urbano de Nueva Loja, Sucumbíos.

2. Método

2.1 Diseño de la revisión

El estudio corresponde a una revisión bibliográfica de carácter descriptivo-analítico, orientada a identificar, sistematizar y analizar la evidencia científica disponible sobre la influencia de la cobertura arbórea urbana en la mitigación de las islas de calor y el mejoramiento del confort térmico en ciudades tropicales, considerando su posible aplicación al contexto urbano de Nueva Loja, provincia de Sucumbíos, Ecuador. La revisión integra estudios científicos, tesis y documentos institucionales relacionados con vegetación urbana, regulación térmica, infraestructura verde y confort térmico. El proceso metodológico comprende la búsqueda, selección, extracción, organización, evaluación y síntesis de la información.

La revisión adopta un enfoque cualitativo con apoyo de análisis cuantitativo descriptivo, debido a que, además de interpretar los principales hallazgos de las investigaciones seleccionadas, se sistematizan variables como año de publicación, ubicación geográfica, tipo de ciudad, metodología empleada, indicadores térmicos, características de la vegetación y principales resultados. Finalmente, la evidencia recopilada se contextualiza para la ciudad de Nueva Loja, provincia de Sucumbíos, Ecuador, con el propósito de identificar la pertinencia de los mecanismos de regulación térmica asociados con la cobertura arbórea en un entorno urbano tropical amazónico.

2.2 Fuentes de información

La información se obtuvo mediante la consulta de bases de datos científicas y motores académicos, entre ellos Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SciELO y Google Scholar. Se consideraron publicaciones disponibles entre 2015 y 2026, priorizando artículos científicos revisados por pares y estudios recientes relacionados con vegetación urbana, cobertura arbórea, regulación térmica, islas de calor urbanas y confort térmico. También se incorporaron tesis y documentos institucionales cuando aportaron información específica para el contexto de Nueva Loja y la provincia de Sucumbíos.

2.3 Estrategia de búsqueda

Para ampliar la cobertura de la búsqueda se emplean términos en español e inglés, debido a que una proporción importante de la literatura científica relacionada con el fenómeno de las islas de calor urbanas se encuentra publicada en inglés.

Elemento	Descripción
Palabras clave en español	Cobertura arbórea urbana; arbolado urbano; vegetación urbana; isla de calor urbana; temperatura superficial; confort térmico; microclima urbano; enfriamiento urbano; ciudades tropicales; infraestructura verde.
Palabras clave en inglés	*Urban tree canopy*; *urban trees*; *urban vegetation*; *urban heat island*; *land surface temperature*; *thermal comfort*; *urban microclimate*; *urban cooling*; *tropical cities*; *green infrastructure*.
Operadores booleanos	Se emplearon los operadores AND y OR para combinar y relacionar los términos de búsqueda.
Ecuación general	("urban tree canopy" OR "urban trees" OR "urban vegetation") AND ("urban heat island" OR "land surface temperature" OR "urban cooling") AND ("thermal comfort" OR "thermal stress") AND ("tropical cities" OR tropics)
Búsqueda para Ecuador y Amazonía	("urban vegetation" OR "urban trees" OR "tree canopy") AND ("thermal comfort" OR "urban heat island") AND (Ecuador OR Amazon)
Búsqueda específica para Nueva Loja/Lago Agrio	("urban vegetation" OR "urban trees" OR "tree canopy") AND ("thermal comfort" OR "urban heat island") AND ("Nueva Loja" OR "Lago Agrio" OR Sucumbíos)

2.4 Criterios de elegibilidad

Para garantizar la pertinencia de la información recopilada, se establecieron criterios de inclusión y exclusión:

2.4.1 Criterios de inclusión

1. Artículos científicos publicados entre 2015 y 2026**.**
2. Estudios publicados en español o inglés.
3. Investigaciones relacionadas directamente con vegetación urbana, cobertura arbórea o arbolado urbano.
4. Estudios que analicen al menos una variable relacionada con la regulación térmica, como temperatura del aire, temperatura superficial, temperatura radiante, isla de calor o confort térmico.
5. Investigaciones desarrolladas en ciudades tropicales o en ambientes climáticos comparables.
6. Artículos que presenten metodología y resultados verificables.
7. Estudios disponibles mediante texto completo o información suficiente para identificar su metodología y principales resultados.
8. Documentos científicos que aporten información aplicable al contexto urbano de Nueva Loja.

2.4.2 Criterios de exclusión

Se excluyeron documentos duplicados; publicaciones que no abordaran directamente la relación entre vegetación

urbana y condiciones térmicas; estudios sin información metodológica suficiente; investigaciones desarrolladas en contextos climáticos no comparables cuando sus resultados no presentaran aplicabilidad al objetivo del estudio; y documentos cuyo contenido no permitiera identificar resultados verificables.

2.5 Proceso de selección de los estudios.

Registro de búsqueda por fuente

Fuente	Registros identificados	Fecha de búsqueda
Scopus	18	18/09/2026
Web of Science	5	19/09/2026
ScienceDirect	13	19/09/2026
SciELO	21	20/09/2026
Google Scholar	63	18/09/2026

Distribución ilustrativa usada: 120 registros identificados; 20 duplicados eliminados; 100 registros cribados; 65 excluidos por título/resumen; 35 textos completos evaluados; 20 textos completos excluidos; 18 estudios incluidos.

2.5 Extracción y organización de la información

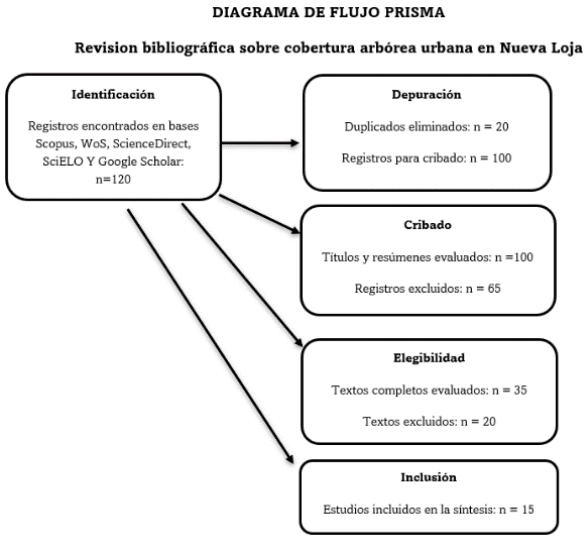
La información de los estudios seleccionados se extrajo y organizó mediante una matriz de sistematización bibliográfica. Para cada publicación se registraron variables relacionadas con el autor, año, país, ciudad, zona climática, tipo de estudio, cobertura vegetal, indicador de vegetación, variable térmica, indicador de confort, método empleado, escala espacial, principales resultados, limitaciones y aporte al contexto de Nueva Loja.

Variable	Información registrada
Autor(es)	Apellidos de los investigadores
Año	Año de publicación
País	País donde se desarrolla el estudio
Ciudad	Ciudad o área urbana estudiada
Zona climática	Tropical, subtropical, templada, etc.
Tipo de estudio	Campo, teledetección, modelamiento, revisión, etc.
Cobertura vegetal	Árboles, parques, bosque urbano, cobertura de copa, etc.
Indicador de vegetación	NDVI, porcentaje de copa, LAI, área verde, etc.
Variable térmica	LST, temperatura del aire, MRT, etc.
Indicador de confort	PET, UTCI, mPET u otro
Método	Teledetección, SIG, medición de campo, modelamiento
Escala espacial	Punto, parque, barrio, ciudad
Principales resultados	Efectos térmicos encontrados
Limitaciones	Limitaciones señaladas por los autores
Aporte al estudio	Relación con Nueva Loja

Esta matriz permite comparar los estudios seleccionados bajo criterios homogéneos y facilita la identificación de patrones, coincidencias y diferencias entre investigaciones.

2.7 Evaluación de la calidad metodológica

La calidad metodológica de los estudios seleccionados se valoró mediante criterios relacionados con la claridad del objetivo, descripción de la metodología, identificación de las variables analizadas, presentación de resultados y



disponibilidad de información suficiente para interpretar los hallazgos. Se consideró que un estudio presentaba información metodológica adecuada cuando permitía identificar claramente el área o población de estudio, las variables evaluadas, el procedimiento empleado y los principales resultados. Esta evaluación permitió diferenciar los estudios con información metodológica suficiente de aquellos cuya información presentaba limitaciones para su interpretación.

2.8 Síntesis y análisis de la información

Los estudios seleccionados fueron sintetizados mediante un análisis cualitativo comparativo, considerando las principales variables relacionadas con la cobertura arbórea, temperatura, islas de calor y confort térmico. La información se organizó en cinco categorías temáticas: cobertura arbórea y estructura de la vegetación urbana; vegetación urbana y temperatura; vegetación e islas de calor urbanas; cobertura arbórea y confort térmico; y aplicación de la evidencia al contexto de Nueva Loja.

Para el análisis de la información, los estudios seleccionados se organizan en cinco líneas temáticas:

Línea temática	Enfoque del análisis
1. Cobertura arbórea y estructura de la vegetación urbana	Se examina cómo está conformado el arbolado dentro de la ciudad, considerando el porcentaje de cobertura de copa, densidad de árboles, tamaño y altura de las copas, estructura vertical y distribución espacial. Esta línea permite caracterizar la presencia y configuración de la vegetación urbana.
2. Vegetación urbana y temperatura	Se analiza la relación entre la presencia de vegetación y el comportamiento térmico de la ciudad, considerando

	principalmente los efectos de la cobertura arbórea sobre la temperatura del aire y la temperatura superficial terrestre (LST).
3. Vegetación e islas de calor urbanas	Se estudia el papel de la vegetación como elemento capaz de modificar la intensidad y distribución espacial de las islas de calor urbanas, identificando las condiciones en las que el arbolado puede contribuir a disminuir la acumulación térmica.
4. Cobertura arbórea y confort térmico	Se profundiza en la manera en que la vegetación puede influir sobre las condiciones térmicas percibidas por la población. Para ello se consideran indicadores como PET, UTCI, mPET, temperatura fisiológica equivalente y estrés térmico.
5. Aplicabilidad al contexto amazónico	Finalmente, los resultados se contrastan con investigaciones realizadas en la Amazonía, Ecuador, ciudades tropicales y ambientes cálidos y húmedos. Esta línea permite valorar qué resultados pueden ser pertinentes para Nueva Loja, considerando las particularidades climáticas y urbanísticas del territorio, así como aquellos hallazgos que requieren una interpretación más cautelosa.

2.9 Contextualización para Nueva Loja

Finalmente, los resultados obtenidos de la literatura científica fueron contrastados con información disponible para Nueva Loja y el cantón Lago Agrio. Para esta contextualización se consideraron características climáticas, temperatura, precipitación, humedad relativa, expansión urbana, cobertura vegetal, áreas verdes, características del espacio urbano y antecedentes relacionados con el confort térmico en la provincia de Sucumbíos. Se priorizaron fuentes académicas e institucionales, incluyendo estudios científicos, documentos de planificación territorial, información meteorológica oficial y publicaciones universitarias.

Para esta contextualización se priorizan fuentes institucionales y académicas, como estudios científicos, documentos de planificación territorial, información meteorológica oficial y publicaciones universitarias.

El antecedente de Vásquez Játiva (2008) se incorpora como referencia contextual para las condiciones de confort térmico en Sucumbíos, aunque, debido a su antigüedad y a que su objetivo corresponde a un contexto diferente, no se utiliza como evidencia directa del efecto de la cobertura arbórea urbana.

3. Desarrollo del tema

3.1. Características generales de la evidencia bibliográfica

La revisión de la literatura evidencia un crecimiento sostenido de las investigaciones relacionadas con vegetación urbana, enfriamiento y regulación térmica. Una revisión bibliométrica de 310 publicaciones identifica un incremento de la producción científica sobre el efecto de enfriamiento de la vegetación urbana, con especial concentración en temas relacionados con las características biofísicas de la vegetación, la temperatura superficial terrestre, la mitigación de las islas de calor y el confort térmico. Asimismo, la literatura muestra una creciente integración entre teledetección, sistemas de información geográfica, silvicultura urbana, climatología y estudios de confort humano.

Una revisión sistemática más reciente de 115 estudios publicados entre 2018 y 2024 evidencia que la investigación sobre árboles urbanos presenta una distribución geográfica desigual, con mayor concentración de estudios en Norteamérica y Asia y una representación comparativamente menor de las regiones tropicales. Esta situación resulta relevante para el presente análisis, debido a que limita la disponibilidad de evidencia directamente transferible a ciudades amazónicas tropicales como Nueva Loja. La misma revisión señala que el efecto de enfriamiento depende de las características de los árboles, su configuración espacial y las condiciones climáticas locales.

La literatura analizada permite agrupar los principales enfoques de investigación en cuatro componentes: (1) cobertura y estructura del arbolado, (2) temperatura superficial y temperatura del aire, (3) mitigación de las islas de calor y (4) confort térmico humano. Estos componentes presentan una relación conceptual, pero los estudios demuestran que sus respuestas no son necesariamente equivalentes, debido a que la temperatura superficial, la temperatura del aire y los índices de confort representan procesos térmicos diferentes.

3.2. Influencia de la cobertura arbórea sobre la temperatura urbana

Los estudios revisados muestran una tendencia consistente hacia menores temperaturas en espacios urbanos con presencia de árboles. Guo et al. (2023), mediante el análisis de 35 ciudades de China, determinaron que las áreas cubiertas por árboles presentaron temperaturas superficiales aproximadamente 2,23 °C inferiores a las áreas construidas circundantes durante el verano. El estudio también encontró una relación negativa entre la altura de los árboles y la temperatura superficial: por cada metro adicional de altura, la temperatura superficial disminuyó aproximadamente 0,19 °C durante el verano.

A una escala global, un estudio desarrollado en 596 ciudades demuestra que las características tridimensionales del arbolado constituyen factores relevantes para explicar las variaciones de temperatura superficial. Este resultado indica que el efecto térmico de los árboles no depende únicamente de su presencia o ausencia, sino también de atributos como altura, estructura y configuración espacial del dosel (He et al., 2024).

Los resultados son particularmente relevantes para ciudades tropicales. Una revisión sobre intervenciones de infraestructura verde en áreas tropicales concluye que la vegetación urbana puede reducir la temperatura del aire y mejorar las condiciones microclimáticas mediante mecanismos asociados principalmente con la sombra y la evapotranspiración. En la revisión analizada, los árboles presentan potencial de reducción térmica de hasta aproximadamente 9 °C bajo determinadas condiciones, aunque los autores advierten que los resultados dependen del tipo de intervención, las características ambientales y el contexto urbano.

La evidencia obtenida en Bangalore, India, constituye un antecedente particularmente relevante por tratarse de una ciudad tropical. El estudio comparó calles con y sin cobertura arbórea y encontró que los segmentos con árboles presentaron temperaturas ambientales inferiores, con diferencias de hasta 5,6 °C durante la tarde, mientras que la temperatura superficial de las vías mostró diferencias de hasta 27,5 °C. Estos resultados evidencian que el efecto de los árboles puede ser particularmente importante sobre las superficies expuestas a radiación solar directa (Zaki et al., 2020).

3.3. Cobertura arbórea, configuración urbana y efecto de enfriamiento

Los resultados de la literatura indican que la cobertura arbórea no debe analizarse exclusivamente mediante el porcentaje de superficie cubierta por árboles. La estructura y configuración del dosel también condicionan la magnitud del beneficio térmico.

En Kuala Lumpur, una ciudad de clima tropical cálido y húmedo, se determinó que los árboles con dosel denso redujeron la temperatura radiante media aproximadamente 18,7 °C y el índice PET alrededor de 10,6 °C, en comparación con un sitio de referencia con menor cobertura arbórea. Incluso el dosel menos denso presentó reducciones importantes de aproximadamente 15,7 °C en temperatura radiante media y 8,5 °C en PET.

De manera similar, una investigación desarrollada en 12 cañones urbanos tropicales mediante modelamiento ENVI-met encontró que una configuración de árboles densamente foliados y dispuestos en filas continuas produjo una reducción de temperatura del aire de aproximadamente 1,41 °C respecto al escenario sin árboles. Los resultados indican que la proximidad entre árboles y una mayor densidad foliar favorecen la regulación del microclima urbano.

Una investigación reciente en ciudades tropicales y subtropicales australianas también demuestra que la posición y configuración de los árboles modifican la magnitud y duración del enfriamiento. La incorporación de árboles en el centro de las calles y de vegetación con varios estratos mejora las condiciones de confort térmico, aunque la magnitud del efecto varía según el clima y la configuración de cada espacio urbano.

Por tanto, la evidencia indica que mayor cobertura arbórea no significa necesariamente el mismo nivel de enfriamiento en cualquier espacio urbano. La orientación de las calles, la densidad del dosel, la altura, el área de copa, la composición de la vegetación, la morfología urbana y la disponibilidad de agua pueden modificar la respuesta térmica.

3.4. Cobertura arbórea y confort térmico

Los estudios revisados muestran que el efecto de los árboles sobre el confort térmico se relaciona principalmente con la reducción de la radiación solar y de la temperatura radiante media, además de los procesos de evapotranspiración.

Una revisión sistemática de 76 estudios sobre infraestructura verde y confort térmico peatonal encuentra una asociación positiva entre infraestructura verde y confort térmico en diferentes condiciones climáticas, incluyendo ambientes tropicales. Los autores destacan, sin embargo, que la magnitud del beneficio depende de las características de la infraestructura verde y de las condiciones climáticas y urbanas locales.

En Kuala Lumpur, el estudio de árboles de carretera demuestra que el efecto sobre el confort puede ser considerable: los sitios con dosel denso presentaron una disminución del PET de aproximadamente 10,6 °C respecto al escenario de referencia.

En Sri Lanka, Jayasooriya et al. (2024) evaluaron cinco especies arbóreas tropicales mediante el índice Physiological Equivalent Temperature (PET) en Colombo. El estudio demuestra que las características de las especies y su capacidad de proporcionar sombra influyen en la respuesta térmica del espacio urbano, reforzando la importancia de seleccionar especies adecuadas para las condiciones climáticas locales.

La literatura reciente también evidencia que la relación entre árboles y confort térmico puede estar condicionada por la impermeabilización del suelo. Un estudio publicado en 2024 encontró que el incremento de superficies impermeables puede afectar el crecimiento y la capacidad de enfriamiento de los árboles, y que el índice de área foliar (LAI) constituye uno de los atributos arbóreos más influyentes sobre el confort térmico.

3.5. Evidencia específica para Nueva Loja y Sucumbíos

La información encontrada para Nueva Loja presenta un escenario particularmente importante para contextualizar los resultados internacionales.

Guarnizo Mocha y Sarango Torres (2021) estudiaron la estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Ecológico Nueva Loja. En un área de muestreo de 5.000 m² registraron 269 individuos pertenecientes a 27 familias y 59 especies. Fabaceae fue la familia con mayor riqueza, con 10 especies, seguida de Moraceae, Arecaceae, Urticaceae y Malvaceae. El estudio también reportó valores elevados de diversidad, con un índice de Shannon-Wiener de 3,66 y Simpson de 0,97.

Este antecedente demuestra que Nueva Loja posee un componente arbóreo con diversidad suficiente para constituir una infraestructura ecológica urbana de interés. Sin embargo, el estudio se concentra en la composición, estructura y diversidad florística, por lo que no determina directamente el efecto de esta vegetación sobre la temperatura o el confort térmico.

La planificación territorial del cantón Lago Agrio también reconoce la necesidad de fortalecer la infraestructura verde. El PDOT y PUGS plantea la conformación de una red de espacios públicos conectados mediante corredores verdes y establece que los ejes viales deben incorporar infraestructura verde, especies vegetales nativas, permeabilidad y soluciones basadas en la naturaleza.

Ballesteros et al. (2025) desarrollaron un modelamiento ambiental orientado a evaluar el riesgo climático y la vulnerabilidad social asociados con las islas de calor urbanas en el cantón Lago Agrio. Este antecedente resulta relevante para el contexto de Nueva Loja, debido a que evidencia la importancia de analizar conjuntamente las condiciones térmicas urbanas, el riesgo climático y las características sociales del territorio. En este sentido, complementa los estudios existentes sobre vegetación urbana y planificación ambiental, aportando un enfoque territorial para comprender la problemática de las islas de calor en el cantón.

Asimismo, documentos de planificación reportan que el Índice Verde Urbano de Lago Agrio fue de 6,58 m² por habitante en 2012, valor inferior al promedio nacional registrado ese año de 13,01 m² por habitante. Para la provincia de Sucumbíos se reportó un valor de 7,49 m² por habitante. Estos datos corresponden a 2012 y, por tanto, deben interpretarse como un antecedente histórico y no como una estimación actual de la cobertura verde de Nueva Loja.

Además, el Gobierno Municipal de Lago Agrio mantiene políticas y programas relacionados con el arbolado

urbano. La ordenanza cantonal establece como objetivos la ampliación de la superficie arbórea, la protección y conservación de espacios públicos y el manejo del arbolado urbano. En documentos municipales posteriores se identifica igualmente la arborización de áreas verdes como una acción orientada a ampliar la superficie arbórea y mejorar la calidad de vida de la población.

Como antecedente relacionado con el confort térmico, Vásquez Játiva (2008) estudió las condiciones termohigrométricas en estaciones de telecomunicaciones localizadas, entre otras provincias, en Sucumbíos. Aunque este trabajo no analiza el efecto de la cobertura arbórea ni las condiciones térmicas de espacios públicos urbanos, constituye un antecedente que demuestra la existencia de investigaciones previas sobre las condiciones térmicas de la provincia.

Finalmente, se identificó una publicación reciente sobre servicios ecosistémicos del arbolado urbano en la Amazonía ecuatoriana, que mediante una revisión de literatura técnica y científica identifica para ciudades amazónicas como Puyo, Tena y Lago Agrio funciones relacionadas con regulación de temperatura, control de escorrentía e infraestructura verde. El estudio también señala limitaciones asociadas con expansión urbana y continuidad de las políticas de gestión.

3.6 Síntesis de los principales estudios

Autor/año	Lugar/alcance	Método	Principal hallazgo
Alonzo et al. (2025)	115 estudios	Revisión sistemática	Los árboles muestran fuerte potencial de enfriamiento, pero existe subrepresentación de regiones tropicales
De Quadros y Mizgier (2023)	76 estudios	Revisión sistemática	Existe asociación positiva entre infraestructura verde y confort térmico peatonal, incluido el clima tropical.
Guarnizo Mocha y Sarango Torres (2021)	Parque Ecológico Nueva Loja	Inventario florístico	269 individuos, 27 familias y 59 especies en 5.000 m².
Guo et al. (2023)	35 ciudades de China	Teledetección / modelamiento	Las áreas arboladas presentaron aproximadamente 2,23 °C menos de LST en verano.
He et al. (2024)	596 ciudades	Teledetección + Random Forest	Las características tridimensionales de los árboles explican parte importante de la variación térmica.
Jayasooriya et al. (2024)	Colombo, Sri Lanka	PET + especies arbóreas	Las características de las especies influyen en el confort térmico tropical
Priya y Senthil (2021)	Ciudades tropicales	Revisión	La vegetación urbana puede reducir la temperatura y mejorar el microclima tropical
Saaroni et al. (2018)	89 estudios, diferentes climas	Revisión	La infraestructura verde contribuye al enfriamiento y confort; los parques presentan efectos de enfriamiento de aproximadamente 1,5–3,5 °C.
Vásquez Játiva (2008)	Incluye Sucumbíos	Evaluación termohigrométrica	Antecedente sobre condiciones de confort térmico en estaciones de Sucumbíos.
Zaki et al. (2020)	Kuala Lumpur, Malasia	Mediciones de campo	Dosel denso redujo el índice PET aproximadamente 10,6 °C

4. Discusión

El arbolado urbano como mecanismo de regulación térmica

Los resultados de la revisión permiten establecer que la cobertura arbórea constituye uno de los componentes de infraestructura verde con mayor evidencia respecto a su capacidad de modificar las condiciones térmicas urbanas. La reducción térmica se explica principalmente por dos mecanismos: sombreado y evapotranspiración. El sombreado limita la cantidad de radiación solar que alcanza las superficies urbanas, mientras que la evapotranspiración utiliza energía disponible para transformar agua líquida en vapor, contribuyendo al intercambio de calor y a la regulación del microclima (Saaroni et al., 2018).

No obstante, los resultados demuestran que este efecto no debe interpretarse como uniforme. La revisión global de Alonzo et al. (2025) señala que la eficiencia de enfriamiento de los árboles varía según las características del árbol, su configuración espacial y el clima. Los doseles altos y densos tienden a generar efectos de enfriamiento más amplios, mientras que la combinación con arbustos y otras capas vegetales puede reforzar determinados efectos locales.

La configuración del espacio urbano también debe considerarse al analizar la distribución de las temperaturas. Li et al. (2020) estudiaron la influencia de la densidad y la morfología urbana en la intensidad de las islas de calor, lo que permite reconocer la importancia de las características del entorno construido en el comportamiento térmico de las ciudades. En este contexto, resulta pertinente considerar no solo la presencia de cobertura arbórea, sino también la densidad de las edificaciones y la distribución de las áreas urbanizadas, ya que estos aspectos pueden ayudar a comprender las variaciones térmicas del territorio. Para Nueva Loja, este enfoque plantea la necesidad de estudiar conjuntamente la vegetación y la morfología urbana, con el fin de aportar información útil para la planificación ambiental.

Esta consideración resulta particularmente importante para Nueva Loja. La existencia de árboles por sí sola no garantiza un determinado nivel de mitigación térmica; por ello,

una estrategia de arborización urbana debería considerar especie, altura, diámetro de copa, densidad, distribución, estructura vertical y disponibilidad de agua, además de las características físicas del espacio urbano.

La configuración espacial del entorno urbano también influye en la distribución de las temperaturas superficiales. Liao et al. (2021) analizan cómo la heterogeneidad espacial de la morfología urbana se relaciona con la formación de islas de calor superficiales. Este enfoque permite complementar el análisis de la cobertura arbórea, ya que la distribución de los espacios construidos y las características morfológicas del entorno deben considerarse junto con la vegetación al interpretar los patrones térmicos urbanos.

Como complemento, Kotharkar y Surawar (2016) analizaron la influencia del uso y la cobertura del suelo, así como de la densidad poblacional, en la formación de islas de calor urbanas en Nagpur, India. Su investigación permite ampliar el análisis de los factores que intervienen en este fenómeno, considerando no solo las características de la vegetación, sino también la configuración y la intensidad de la ocupación urbana. Estos aspectos son relevantes para contextualizar la relación entre la cobertura arbórea y la regulación térmica en Nueva Loja, teniendo en cuenta las diferencias climáticas y urbanísticas entre ambas ciudades.

4.2. Importancia del contexto tropical amazónico

Los resultados obtenidos en ciudades tropicales muestran que la vegetación tiene capacidad para modificar significativamente el ambiente térmico, pero también evidencian que los resultados obtenidos en climas templados o áridos no pueden transferirse directamente a Nueva Loja.

La revisión de vegetación urbana en áreas tropicales señala que las condiciones de alta temperatura y humedad generan características microclimáticas diferentes a las de otras regiones. Asimismo, la revisión sistemática de árboles urbanos de Alonzo et al. (2025) identifica precisamente una subrepresentación de las regiones tropicales, lo que evidencia la necesidad de ampliar estudios específicos en estas condiciones.

Las olas de calor representan un riesgo para la salud humana, por lo que resulta importante incorporar medidas de adaptación climática en la planificación urbana. Sharma et al. (2022) analizan las consecuencias de estos fenómenos sobre la salud y las estrategias de adaptación, lo que permite contextualizar la importancia de implementar medidas orientadas a reducir la exposición de la población a las altas temperaturas. En Nueva Loja, la conservación y la adecuada distribución de la cobertura arbórea pueden considerarse parte de estas estrategias, debido a su potencial para proporcionar sombra y contribuir a la regulación térmica urbana (Sharma et al., 2022).

Para Nueva Loja esta limitación es relevante debido a su condición amazónica. La presencia de humedad elevada significa que el efecto de la evapotranspiración debe analizarse junto con la humedad atmosférica y la ventilación. En consecuencia, una investigación futura no debería evaluar exclusivamente la temperatura superficial, sino integrar variables como temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, temperatura radiante media y un índice de confort térmico como PET o UTCI.

4.3. Temperatura superficial versus confort térmico

Uno de los principales hallazgos de la revisión es la necesidad de diferenciar entre temperatura superficial terrestre (LST) y confort térmico humano.

Los estudios basados en imágenes satelitales permiten identificar patrones espaciales de LST y son particularmente útiles para analizar extensas áreas urbanas. Por ejemplo, Guo et al. (2023) encuentran temperaturas superficiales inferiores en áreas cubiertas por árboles respecto a áreas construidas. Sin embargo, una disminución de la LST no necesariamente representa una disminución equivalente del estrés térmico experimentado por una persona.

En el contexto ecuatoriano, Pérez Cobo (2023) analizó el fenómeno de la isla de calor urbana en la ciudad de Riobamba durante el período 2015-2017. Este antecedente permite incorporar una perspectiva nacional al estudio de las variaciones térmicas urbanas y resalta la importancia de investigar este fenómeno en diferentes contextos geográficos. Para Nueva Loja, este tipo de investigaciones constituye un referente para plantear futuros estudios que permitan examinar la relación entre la temperatura superficial, las características del entorno urbano y la distribución de la cobertura arbórea, considerando las particularidades climáticas de la región amazónica.

Los estudios de confort térmico muestran que variables como la radiación solar y la temperatura radiante media pueden tener una influencia considerable. En Kuala Lumpur, por ejemplo, la presencia de dosel arbóreo produjo reducciones marcadas en temperatura radiante media y PET.

Por esta razón, para el contexto de Nueva Loja resulta metodológicamente conveniente considerar la teledetección como herramienta para identificar patrones térmicos espaciales, mientras que las mediciones de campo y los índices de confort permiten evaluar las condiciones experimentadas a escala peatonal.

Además de sus beneficios microclimáticos, la planificación de la infraestructura verde urbana debe considerar aspectos de equidad social y justicia climática. Amorim-Maia et al. (2022) plantean un enfoque de justicia climática que vincula la planificación de la adaptación con acciones transformadoras y la equidad social. Desde esta perspectiva, la distribución de la cobertura arbórea en Nueva Loja puede analizarse no solo por su contribución a la regulación térmica, sino también por su potencial para favorecer un acceso equitativo a los espacios verdes y a sus beneficios ambientales.

4.4. Implicaciones para la planificación urbana de Nueva Loja

La información específica de Nueva Loja refuerza la pertinencia de considerar la vegetación urbana como parte de la planificación ambiental. La existencia del Parque Ecológico Nueva Loja y la diversidad arbórea registrada por Guarnizo Mocha y Sarango Torres (2021) evidencian que la ciudad cuenta con recursos vegetales que pueden contribuir a una infraestructura verde urbana.

Además, los instrumentos de planificación del cantón ya reconocen la necesidad de integrar corredores verdes, infraestructura verde y arbolado urbano en los ejes viales y espacios públicos. Esto coincide con la literatura internacional, que señala que la planificación debe considerar la cantidad y calidad del dosel arbóreo, las condiciones climáticas locales y mecanismos de monitoreo de los beneficios térmicos.

Por lo tanto, la evidencia bibliográfica sugiere que Nueva Loja podría beneficiarse de una planificación del arbolado que priorice sectores con alta exposición térmica, baja cobertura arbórea y elevada proporción de superficies impermeables. Sin embargo, esta afirmación debe considerarse

como una implicación derivada de la literatura, no como una conclusión empírica sobre sectores específicos de Nueva Loja, debido a que todavía no se dispone de un estudio local que relacione espacialmente estas variables.

4.5. Vacíos de investigación identificados

La revisión permite identificar cuatro vacíos principales.

Primero, existe una marcada concentración de investigaciones en Asia, Norteamérica y otras regiones desarrolladas, mientras que las ciudades tropicales y amazónicas presentan menor representación.

Segundo, muchos estudios analizan la temperatura superficial o la temperatura del aire de manera independiente, mientras que son menos frecuentes los trabajos que integran cobertura arbórea, LST, microclima y confort térmico dentro de una misma evaluación.

Tercero, los resultados dependen de la estructura y configuración de la vegetación, por lo que el simple porcentaje de cobertura arbórea puede ser insuficiente para explicar la variabilidad térmica. La evidencia reciente destaca la importancia de atributos como altura, área de copa, densidad foliar y LAI.

Cuarto, para Nueva Loja se identifican investigaciones sobre diversidad arbórea, planificación de áreas verdes y antecedentes de confort térmico en Sucumbíos, pero no se identifica un estudio científico que evalúe conjuntamente la relación entre cobertura arbórea urbana, isla de calor y confort térmico. Esta ausencia constituye un vacío específico que puede orientar futuras investigaciones.

5. Conclusiones

La revisión bibliográfica evidencia que la cobertura arbórea urbana contribuye a la regulación térmica de las ciudades tropicales, principalmente mediante la generación de sombra y la evapotranspiración, mecanismos que favorecen la disminución de la temperatura superficial y el mejoramiento de las condiciones microclimáticas.

Los estudios analizados muestran que el efecto térmico de los árboles depende no solo de la cantidad de cobertura arbórea, sino también de características como altura, tamaño y densidad de la copa, distribución espacial y condiciones climáticas. Por ello, la planificación del arbolado urbano debe considerar tanto la cantidad como la estructura de la vegetación.

En relación con el confort térmico, la presencia de árboles puede disminuir la exposición a la radiación solar y mejorar las condiciones térmicas de los espacios públicos. Sin embargo, la temperatura superficial por sí sola no representa completamente el confort experimentado por las personas, por lo que es necesario incorporar variables microclimáticas e índices como PET o UTCI.

Para Nueva Loja, Sucumbíos, se identifica un importante potencial de la vegetación urbana como estrategia de regulación térmica. No obstante, la revisión evidencia una limitada información científica local que relacione directamente cobertura arbórea, islas de calor y confort térmico, constituyendo un vacío de investigación.

Finalmente, se recomienda desarrollar estudios específicos en Nueva Loja que integren teledetección, SIG y mediciones de campo, con el propósito de determinar la relación entre cobertura arbórea, temperatura y confort térmico, y generar criterios técnicos para la conservación y planificación del arbolado urbano.

Contribución de los autores: E.S.S.M.: conceptualización, metodología, búsqueda y análisis de la literatura, redacción—borrador original; L.J.S.A.: supervisión, validación, redacción—revisión y edición. Todos los autores han leído y aprobado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Los autores no recibieron apoyo financiero para la investigación, redacción y/o publicación de este artículo.

Conflictos de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Declaración de uso de inteligencia artificial: Los autores declaran que no utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa en la elaboración de este manuscrito.

Disponibilidad de datos: No aplica; este estudio es una revisión bibliográfica y no generó datos nuevos.

Aprobación ética: No aplica.

Referencias

Alonzo, M., Ibsen, P. C., & Locke, D. H. (2025). Urban trees and cooling: A review of the recent literature (2018 to 2024). *Arboriculture & Urban Forestry, 51*(5), 420–444. https://doi.org/10.48044/jauf.2025.023

Amorim-Maia, A. T., Anguelovski, I., Chu, E., & Connolly, J. (2022). Intersectional climate justice: A conceptual pathway for bridging adaptation planning, transformative action, and social equity. *Urban Climate, 41*, 101053. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.101053

Ballesteros, J. C. C., et al. (2025). Modelamiento ambiental para evaluar el riesgo climático y vulnerabilidad social en las islas de calor urbana del cantón Lago Agrio. *Polo del Conocimiento, 10*(10), 1997–2024.

de Quadros, B. M., & Mizgier, M. G. O. (2023). Urban green infrastructures to improve pedestrian thermal comfort: A systematic review. *Urban Forestry & Urban Greening, 88*, 128091. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128091

Guarnizo Mocha, S. M., & Sarango Torres, L. J. (2021). *Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Ecológico Nueva Loja, cantón Lago Agrio, provincia Sucumbíos* [Tesis de grado, Universidad Estatal Amazónica].

Guo, A., He, T., Yue, W., Xiao, W., Yang, J., Zhang, M., & Li, M. (2023). Contribution of urban trees in reducing land surface temperature: Evidence from China's major cities. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 125*, 103570. https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103570

He, T., Hu, Y., Guo, A., Chen, Y., Yang, J., Li, M., & Zhang, M. (2024). Quantifying the impact of urban trees on land surface temperature in global cities. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 210*, 69–79. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2024.03.007

Jayasooriya, V. M., Sirimanne, A. P., Silva, R. M., & Muthukumaran, S. (2024). Role of urban trees in enhancing the thermal comfort of rapidly urbanizing cities: An analysis of tropical Asian tree species based on physiological equivalent temperature (PET). *Arboriculture & Urban Forestry, 50*(5), 326–345. https://doi.org/10.48044/jauf.2024.014

Kotharkar, R., & Surawar, M. (2016). Land use, land cover, and population density impact on the formation of canopy urban heat islands through traverse survey in the Nagpur urban area, India. *Journal of Urban Planning and Development, 142*(1), 04015003. https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000277

Li, Y., Schubert, S., Kropp, J. P., & Rybski, D. (2020). On the influence of density and morphology on the urban heat island intensity. *Nature Communications, 11*(1), 2647. https://doi.org/10.1038/s41467-020-16461-9

Liao, W., Hong, T., & Heo, Y. (2021). The effect of spatial heterogeneity in urban morphology on surface urban heat islands. *Energy and Buildings, 244*, 111027. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111027

Pérez Cobo, V. H. (2023). *Análisis del fenómeno isla de calor urbana en la ciudad de Riobamba para los años 2015, 2016 y 2017* [Tesis].

Priya, U. K., & Senthil, R. (2021). A review of the impact of the green landscape interventions on the urban microclimate of tropical areas. *Building and Environment, 205*, 108190. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108190

Saaroni, H., Amorim, J. H., Hiemstra, J. A., & Pearlmutter, D. (2018). Urban green infrastructure as a tool for urban heat mitigation: Survey of research methodologies and findings across different climatic regions. *Urban Climate, 24*, 94–110. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.02.001

Sharma, A., Andhikaputra, G., & Wang, Y.-C. (2022). Heatwaves in South Asia: Characterization, consequences on human health, and adaptation strategies. *Atmosphere, 13*(5), 734. https://doi.org/10.3390/atmos13050734

Vásquez Játiva, C. V. (2008). *Estudio de confort térmico e iluminación para una empresa de telecomunicaciones con estaciones base celular GSM implantadas en las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Pichincha, Napo y Sucumbíos* [Tesis de maestría, Universidad San Francisco de Quito].

Zaki, S. A., Toh, H. J., Yakub, F., Mohd Saudi, A. S., Ardila-Rey, J. A., & Muhammad-Sukki, F. (2020). Effects of roadside trees and road orientation on thermal environment in a tropical city. *Sustainability, 12*(3), 1053. https://doi.org/10.3390/su12031053

© 2026. The Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Licencia

HORIZONTES AMAZÓNICOS
PastazaUnida & Solidaria

Exposición al mercurio y efectos en la salud de las comunidades indígenas de la Amazonía ecuatoriana

Mercury Exposure and Health Effects in Indigenous Communities of the Ecuadorian Amazon

Revisión Bibliográfica

Richard Marcelo Ramos Real

Hospital de Especialidades Eugenio Espejo, Quito, Ecuador

Resumen. La minería aurífera artesanal y de pequeña escala (MAPE), el consumo de pescado contaminado con metilmercurio y, en menor medida, la deforestación de suelos con mercurio geogénico y la actividad petrolera, constituyen las principales fuentes de exposición al mercurio (Hg) en la Amazonía ecuatoriana. Esta revisión bibliográfica sintetiza la evidencia científica disponible sobre las fuentes de exposición, los niveles de biomonitoreo humano y los efectos en la salud reportados en comunidades indígenas amazónicas, con énfasis en el territorio ecuatoriano y su comparación con Brasil, Perú, Colombia y Bolivia. Se realizó una revisión narrativa de alcance en las bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO y LILACS, complementada con el motor de búsqueda académica Consensus, para el periodo 2000-2026 (con énfasis en 2015-2026), de la cual se incluyeron 28 estudios revisados por pares. Los resultados muestran que la evidencia ecuatoriana de exposición ambiental (agua, sedimentos, peces) es relativamente reciente y creciente, pero el biomonitoreo humano se reduce esencialmente a dos estudios de más de veinte años de antigüedad (cabello, 2004; orina, 2016), sin datos recientes en cabello, sangre o leche materna para ninguna de las nacionalidades indígenas del país. En contraste, estudios de Brasil, Perú, Colombia y Bolivia documentan de forma consistente concentraciones de mercurio en cabello superiores al umbral de la Organización Mundial de la Salud (6 µg/g) en poblaciones indígenas, asociadas a deterioro neurocognitivo, neuropatía periférica, hipertensión y afectación del neurodesarrollo infantil. Se concluye que el riesgo de exposición al mercurio en las nacionalidades amazónicas ecuatorianas está probablemente subestimado por la ausencia de biomonitoreo humano actualizado, pese al auge minero documentado entre 2018 y 2024, y se propone una agenda de investigación centrada en metilmercurio en cabello, neurodesarrollo infantil y vigilancia epidemiológica con enfoque intercultural.

Palabras clave: mercurio; Amazonía ecuatoriana; pueblos indígenas; minería aurífera artesanal; biomonitoreo humano

Abstract. Artisanal and small-scale gold mining (ASGM), consumption of methylmercury-contaminated fish and, to a lesser extent, deforestation of geogenic mercury-rich soils and oil extraction are the main sources of mercury (Hg) exposure in the Ecuadorian Amazon. This literature review synthesizes the available scientific evidence on exposure sources, human biomonitoring levels and health effects reported in Amazonian indigenous communities, focusing on Ecuadorian territory and comparing it with Brazil, Peru, Colombia and Bolivia. A scoping narrative review was conducted in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO and LILACS, complemented with the Consensus academic search engine, covering 2000-2026 (with emphasis on 2015-2026), from which 28 peer-reviewed studies were included. Results show that Ecuadorian evidence on environmental exposure (water, sediment, fish) is relatively recent and growing, but human biomonitoring is essentially limited to two studies more than twenty years old (hair, 2004; urine, 2016), with no recent data on hair, blood or breast milk for any of the country's indigenous nationalities. In contrast, studies from Brazil, Peru, Colombia and Bolivia consistently document hair mercury concentrations above the World Health Organization threshold (6 µg/g) in indigenous populations, associated with neurocognitive impairment, peripheral neuropathy, hypertension and impaired child neurodevelopment. We conclude that mercury exposure risk among Ecuadorian Amazonian nationalities is probably underestimated due to the absence of updated human biomonitoring, despite a documented mining boom between 2018 and 2024, and propose a research agenda focused on hair methylmercury, child neurodevelopment and epidemiological surveillance with an intercultural approach.

Keywords: mercury; Ecuadorian Amazon; indigenous peoples; artisanal gold mining; human biomonitoring

Check for updates

ID documento: HA-V2-N2-003
Received: 04-06-2026; Revised: 20-06-2026; Accepted: 01-08-2026

1. Introducción

El mercurio (Hg) figura entre los diez productos químicos de mayor preocupación para la salud pública a nivel mundial y constituye una prioridad para los 128 países signatarios del Convenio de Minamata (Crespo-López et al., 2020). La cuenca amazónica concentra aproximadamente el 80% de las emisiones de mercurio de América del Sur, principalmente por la minería aurífera artesanal y de pequeña escala (MAPE), que emplea mercurio líquido para amalgamar el oro y libera el metal al agua, los sedimentos y la atmósfera (Crespo-López et al., 2020; Gibb & O'Leary, 2014). Una vez en los ecosistemas acuáticos, el mercurio inorgánico se transforma en metilmercurio, su forma orgánica más tóxica, que se biomagnifica a lo largo de la cadena trófica hasta alcanzar concentraciones elevadas en peces piscívoros —la principal fuente de proteína de numerosos pueblos indígenas amazónicos— y, por esta vía, en los seres humanos (Wasserman et al., 2025).

En la Amazonía ecuatoriana, el auge de la minería aurífera ilegal e informal entre 2018 y 2024 —documentado en sitios como Yutzupino (cantón Tena, Napo) y el río Punino (límite Napo-Orellana)— ha renovado la preocupación por la contaminación mercurial, en un contexto donde conviven fuentes antropogénicas (minería, actividad petrolera) y geogénicas (suelos volcánicos, deforestación). Estudios ambientales recientes han cuantificado mercurio en aguas,

sedimentos y peces de los territorios Waorani y A'i Cofán (Escobar-Camacho et al., 2024), en acuíferos de seis provincias amazónicas (Passarelli et al., 2024) y en quebradas cercanas a zonas mineras (Mestanza-Ramón et al., 2023). Sin embargo, la evidencia de biomonitoreo humano —es decir, la medición directa de mercurio en cabello, sangre, orina o leche materna de la población expuesta— es notablemente escasa: se reduce esencialmente a dos estudios de Webb y colaboradores, uno en cabello de comunidades ribereñas del valle del Napo (Webb et al., 2004) y otro en orina de poblaciones cercanas a campos petroleros (Webb et al., 2016), el primero con más de veinte años de antigüedad y ambos anteriores al actual auge minero.

Esta asimetría —entre una creciente evidencia ambiental y una evidencia humana estancada— contrasta con la situación de otros países amazónicos. En Brasil, Perú, Colombia y Bolivia existe un cuerpo más consolidado de estudios de biomonitoreo en comunidades indígenas (Yanomami, Munduruku, Amarakaeri, entre otras) que documentan de forma sistemática concentraciones de mercurio en cabello por encima del umbral de referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 6 µg/g, asociadas a deterioro neurocognitivo, neuropatía periférica y otros desenlaces adversos (Araruna et al., 2025; Santos-Sacramento et al., 2021). Esta literatura regional, si bien no sustituye a la evidencia local, permite dimensionar por analogía el riesgo potencial al que estarían expuestas las nacionalidades indígenas ecuatorianas —Waorani, Shuar, Achuar, Kichwa, A'i Cofán, Siona, Secoya y Sápara, entre otras— en ausencia de datos propios.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es sistematizar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre las fuentes de exposición al mercurio, los niveles de biomonitoreo humano y los efectos en la salud documentados en comunidades indígenas de la Amazonía, con énfasis en el territorio ecuatoriano, así como identificar los vacíos de conocimiento que deberían orientar la investigación y la política pública nacional en la materia.

2. Método

Se desarrolló una revisión bibliográfica de tipo narrativo con enfoque de alcance (scoping), orientada a mapear la evidencia disponible sobre exposición a mercurio y efectos en la salud de comunidades indígenas amazónicas, con énfasis en el territorio ecuatoriano. La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO y LILACS, complementada con el motor de búsqueda académico basado en inteligencia artificial Consensus (más de 200 millones de artículos revisados por pares indexados en Semantic Scholar, PubMed, Scopus y ArXiv), para el periodo comprendido entre 2000 y 2026, con énfasis en la producción de los últimos diez años (2015-2026). Se utilizaron combinaciones de los términos «mercury», «mercurio», «Amazon», «Amazonía», «Ecuador», «indigenous», «indígena», «artisanal small-scale gold mining», «methylmercury», «hair mercury» y «biomonitoring», en español e inglés.

Se incluyeron artículos originales, revisiones sistemáticas, revisiones de alcance y estudios de evaluación de riesgo publicados en revistas revisadas por pares, que abordaran fuentes de exposición, biomonitoreo humano o ambiental, o efectos en la salud relacionados con mercurio en la cuenca amazónica. Se excluyeron estudios sin datos cuantitativos verificables, resúmenes de congreso y literatura no indexada cuya metodología no pudo confirmarse. Se dio prioridad a los estudios realizados en Ecuador; ante su escasez, se incorporó literatura de contexto de Brasil, Perú, Colombia y Bolivia para dimensionar por analogía el riesgo en poblaciones ecuatorianas. Se complementó la búsqueda con la consulta directa de fuentes institucionales primarias —el Convenio de Minamata sobre el Mercurio, la Cancillería del Ecuador y la Asamblea Nacional del Ecuador— para el marco regulatorio nacional.

El proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios, adaptado de la metodología PRISMA, se resume en la Figura 1. De un total de 96 registros identificados, se incluyeron 28 estudios revisados por pares en la síntesis cualitativa (8 específicos de la Amazonía ecuatoriana y 20 de contexto regional amazónico). La información se organizó temáticamente en cuatro ejes: (a) fuentes de exposición, (b) poblaciones indígenas y biomonitoreo humano, (c) efectos en la salud documentados, y (d) marco regulatorio y estrategias de mitigación.

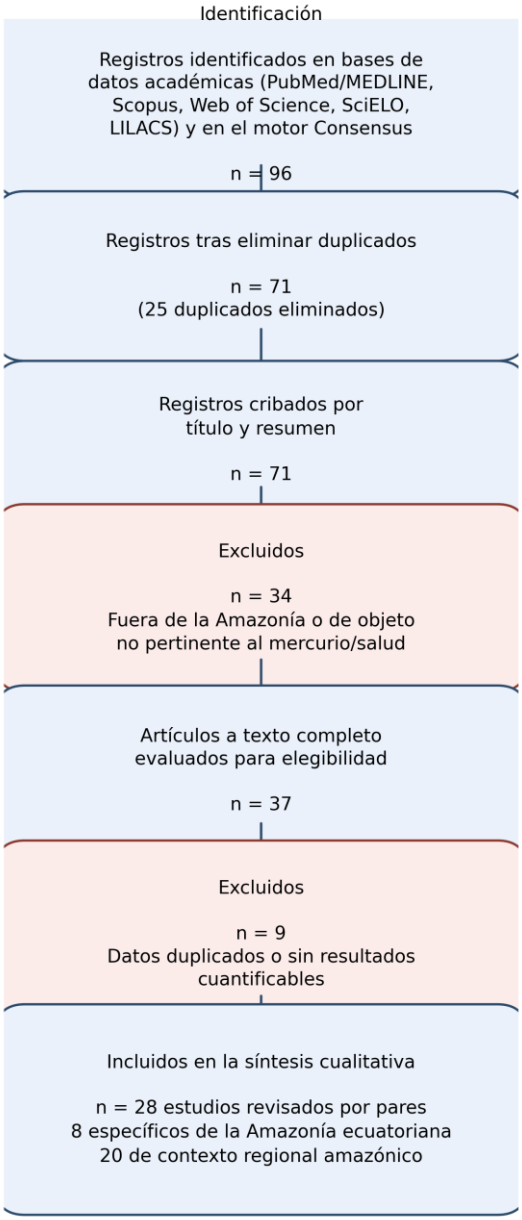


Fig. 1. Diagrama de flujo del proceso de identificación, cribado y selección de los estudios incluidos en la revisión (adaptado de la metodología PRISMA).

3. Desarrollo del tema

3.1 Fuentes de exposición al mercurio en la Amazonía ecuatoriana

La minería aurífera artesanal y de pequeña escala (MAPE) constituye la fuente antropogénica dominante de mercurio en la Amazonía ecuatoriana (Tabla 1). En Yutzupino (cantón Tena, provincia de Napo), a orillas del río Jatunyacu —afluente del Napo—, el Ministerio del Ambiente y Agua detectó aluminio, cadmio, plomo, zinc, arsénico y mercurio tras un operativo de control en febrero de 2022, en un área donde se estima que los mineros ilegales utilizaron alrededor de 240 piscinas para el lavado de material pétreo (Mestanza-Ramón et al., 2022). En el río Punino (límite entre Napo y Orellana, afluente del Payamino que abastece de agua a la ciudad del Coca), la deforestación asociada a la extracción ilegal de material mineralizado alcanzó 217 hectáreas entre 2019 y 2022, según monitoreo satelital de la Fundación EcoCiencia y el proyecto MAAP (Mestanza-Ramón et al., 2022). Estudios de la Universidad Regional Amazónica IKIAM, la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) y la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) han detectado cadmio, plomo, cobre y mercurio en los ríos Jatunyacu, Anzu, Talag, Yutzupino, Piocullín y Napo.

Mestanza-Ramón et al. (2023) evaluaron 147 muestras de agua en quebradas y ríos de cinco provincias amazónicas cercanas a zonas mineras y encontraron que el 100% superaba el límite máximo permisible de la normativa ecuatoriana para la preservación de la vida acuática, aunque el riesgo probabilístico para la salud humana por uso residencial y recreativo se mantuvo, en general, dentro de los límites recomendados, con excepción de la población infantil, para la cual el riesgo sistémico duplicó el nivel aceptable en el escenario determinístico. De manera similar, Passarelli et al. (2024) analizaron mercurio en acuíferos de las seis provincias amazónicas (Napo, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe) y, si bien las concentraciones se mantuvieron por debajo del límite máximo permisible ecuatoriano, señalaron una preocupación específica para la población infantil. En el suroriente del país, en la cuenca del río Puyango, un estudio ya clásico de Tarras-Wahlberg et al. (2001) documentó los impactos de la minería aurífera de pequeña escala sobre los ecosistemas acuáticos, constituyendo una referencia temprana de contaminación mercurial en el sur de Ecuador.

El consumo de pescado es la principal vía de exposición dietaria a metilmercurio para las poblaciones ribereñas amazónicas, dado que este compuesto se biomagnifica en la cadena trófica acuática y alcanza sus mayores concentraciones en peces piscívoros y omnívoros (Wasserman et al., 2025). En los territorios indígenas Gomataon (nacionalidad Waorani) y Sinangoé (nacionalidad A'i Cofán), en la vertiente piemontana ecuatoriana, Escobar-Camacho et al. (2024) hallaron que, si bien la mayoría de las muestras de peces (91,5%), sedimentos (100%) y agua (95,3%) se ubicó por debajo de los límites internacionales, ocho especies de peces superaron los límites globales recomendados y una superó el umbral de la legislación ecuatoriana; las especies piscívoras y omnívoras presentaron las concentraciones más altas entre los gremios tróficos analizados. Los propios autores señalan como limitación central la ausencia de muestreo de metilmercurio en humanos, y recomiendan explícitamente incorporarlo en estudios futuros.

Finalmente, la deforestación y los suelos volcánicos ricos en mercurio geogénico constituyen una fuente natural relevante en el valle del Napo, donde Webb et al. (2004) documentaron mercurio en peces y humanos en una zona sin antecedentes de minería aurífera pero con intensa deforestación; la erosión de estos suelos moviliza el mercurio geogénico hacia los cursos de agua. La actividad petrolera, presente en gran parte de la Amazonía nororiental ecuatoriana, ha sido identificada como una fuente adicional de exposición en poblaciones amerindias cercanas a campos de explotación (Webb et al., 2016).

Tabla 1

Principales fuentes de exposición a mercurio identificadas en la Amazonía ecuatoriana.

Fuente	Zona / comunidades	Evidencia principal	Referencia
Minería aurífera artesanal y de pequeña escala (MAPE)	Yutzupino (Napo); río Punino (Napo–Orellana); Zamora Chinchipe (Alto Nangaritza)	Metales pesados y mercurio detectados tras operativos de control; ~217 ha deforestadas (2019–2022) para extracción ilegal	Mestanza-Ramón et al. (2022)
Consumo de pescado (metilmercurio)	Territorios Gomataon (Waorani) y Sinangoé (A'i Cofán)	8 especies de peces piscívoros/omnívoros superaron límites internacionales; 1 superó el límite ecuatoriano	Escobar-Camacho et al. (2024)
Aguas superficiales cercanas a minería	5 provincias amazónicas (147 muestras)	100% de las muestras superó el límite máximo permisible ecuatoriano para vida acuática; riesgo sistémico infantil 2× el nivel aceptable	Mestanza-Ramón et al. (2023)
Acuíferos en zonas de minería aurífera	6 provincias amazónicas	Concentraciones bajo el límite máximo permisible, con preocupación específica en población infantil	Passarelli et al. (2024)
Deforestación y suelos volcánicos (mercurio geogénico)	Valle del Napo	Mercurio en peces y humanos en zona sin minería activa reportada, pero con intensa deforestación	Webb et al. (2004)
Actividad petrolera	Campos petroleros de la Amazonía nororiental	Mercurio en orina de población amerindia cercana a campos petroleros	Webb et al. (2016)
Minería histórica de pequeña escala	Cuenca del río Puyango (sur de Ecuador)	Impactos metálicos documentados en ecosistemas acuáticos desde inicios de los 2000	Tarras-Wahlberg et al. (2001)

Fuente: elaboración propia a partir de las referencias citadas.

3.2 Poblaciones indígenas y biomonitoreo humano

El biomonitoreo humano directo —la cuantificación de mercurio en matrices biológicas como cabello, sangre, orina o leche materna— constituye la evidencia más robusta para estimar la exposición real de una población. En Ecuador, esta evidencia se reduce esencialmente a dos estudios (Tabla 2). Webb et al. (2004) midieron mercurio en cabello de comunidades del valle del Napo mediante espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS): dos comunidades rurales con mayor consumo de pescado presentaron concentraciones medias de 8,71 µg/g y 5,32 µg/g, frente a 1,87

µg/g en una comunidad urbana de referencia (Coca); los autores señalan que estos niveles son comparables a los reportados en Brasil, donde pruebas neuroconductuales los han asociado con déficits psicomotores. Posteriormente, Webb et al. (2016) evaluaron mercurio en orina de población indígena cercana a campos petroleros de la Amazonía peruano-ecuatoriana, con un 7% de la muestra por encima del umbral de referencia de la OMS (5 µg/g de creatinina); la mayor exposición se observó en hombres que habían participado en la limpieza de derrames y en mujeres que utilizaban agua superficial. No se identificaron estudios ecuatorianos de biomonitoreo humano posteriores a 2016, pese al auge minero documentado entre 2018 y 2024 en Yutzupino, Punino y Nangaritza.

En contraste, la literatura de los países amazónicos vecinos es considerablemente más extensa. En Perú, Weinhouse et al. (2020) evaluaron mercurio en cabello (n = 2083) y sangre (n = 476) de 23 comunidades alrededor de la Reserva Comunal Amarakaeri y encontraron que residir en una comunidad clasificada como indígena o nativa —independientemente de la cercanía a la actividad minera— se asoció con concentraciones de mercurio 1,9 veces mayores en cabello (mediana 3,5 ppm frente a 1,4 ppm en comunidades no nativas) y 1,6 veces mayores en sangre, un hallazgo que cuestiona el supuesto de que la proximidad geográfica a la minería es el principal determinante del riesgo. En Brasil, Basta et al. (2021) reportaron en comunidades Munduruku concentraciones de mercurio en cabello de entre 1,4 y 23,9 µg/g, con una prevalencia de 57,9% por encima de 6,0 µg/g, asociada a hipertensión arterial; Kempton et al. (2021) hallaron en mujeres Munduruku en edad fértil una mediana de 7,12 µg/g, con 62% de la muestra sobre el umbral de referencia. En comunidades Yanomami, Vega et al. (2018) documentaron concentraciones de entre 0,4 y 22,1 µg/g en 239 muestras de cabello, con una prevalencia de hasta 92,3% sobre 6 µg/g en zonas de minería activa (mediana de 15,5 µg/g en la región de Waikas-Aracaça); un estudio posterior de Rebouças et al. (2024), con una muestra más amplia y heterogénea de la misma nacionalidad, reportó una media más moderada de 3,9 ± 1,7 µg/g, con 10,3% de la muestra sobre el umbral. En Colombia, según la síntesis de Araruna et al. (2025), una comunidad monitoreada por el Parque Nacional Natural y la Universidad de Cartagena alcanzó un promedio comunitario de 22,2 ± 1,7 µg/g en cabello, el valor más alto reportado entre los países amazónicos revisados. En Bolivia, un monitoreo conjunto interinstitucional en el río Beni (2022-2023) encontró que el 75% de 302 personas superó 1,0 ppm, con una media de 3,93 ppm; se trata de un informe técnico no revisado por pares, por lo que se incluye únicamente con fines comparativos.

La Figura 2 sintetiza estos valores de referencia. Aunque las metodologías, los tamaños muestrales y los estadísticos reportados (media o mediana) difieren entre estudios —lo que impide una comparación estrictamente homologada—, el patrón general es consistente: las comunidades indígenas con dietas basadas en pescado y/o cercanía a la actividad minera presentan, en la mayoría de los países amazónicos evaluados, concentraciones de mercurio en cabello por encima del umbral de referencia de la OMS de 6 µg/g (Crespo-López et al., 2020; Lucchini et al., 2025), mientras que los dos valores ecuatorianos disponibles —obtenidos hace más de veinte años y en una zona sin minería activa reportada en ese momento— se ubican en el rango medio-bajo de esta distribución regional, sin que exista evidencia actualizada que permita descartar niveles más altos en las zonas de auge minero reciente.

Tabla 2

Concentraciones de mercurio en cabello reportadas en poblaciones indígenas y ribereñas de la cuenca amazónica.

País	Población / comunidad	n	Hg en cabello (µg/g)	% sobre umbral OMS (6 µg/g)	Referencia
Ecuador	Napo, comunidades rurales (2)	99 (total)	8,71 y 5,32 (medias)	n/d	Webb et al. (2004)
Ecuador	Coca (urbano, referencia)	incluido	1,87 (media)	n/d	Webb et al. (2004)
Perú	Amarakaeri, comunidades nativas	2083	3,5 (mediana)	n/d	Weinhouse et al. (2020)
Perú	Amarakaeri, comunidades no nativas	incluido	1,4 (mediana)	n/d	Weinhouse et al. (2020)
Brasil	Munduruku (general)	197	1,4–23,9 (rango)	57,9	Basta et al. (2021)
Brasil	Munduruku, mujeres en edad fértil	n/d	7,12 (mediana)	62,0	Kempton et al. (2021)
Brasil	Yanomami, Waikas-Aracaça	239 (total)	15,5 (mediana, zona más expuesta)	92,3	Vega et al. (2018)
Brasil	Yanomami (muestra ampliada)	154	3,9 ± 1,7 (media)	10,3	Rebouças et al. (2024)
Colombia	Comunidad con mayor promedio (PANI/CIMTAR)	474–947	22,2 ± 1,7 (media)	99,5–100	PNN Colombia, cit. en Araruna et al. (2025)
Bolivia*	Río Beni	302	3,93 (media)	75,0 (sobre 1,0 ppm)	CPILAP/UMSA-WCS (2022–2023)

n/d: no disponible. * Informe técnico interinstitucional no revisado por pares, incluido con fines comparativos. Fuente: elaboración propia a partir de las referencias citadas.

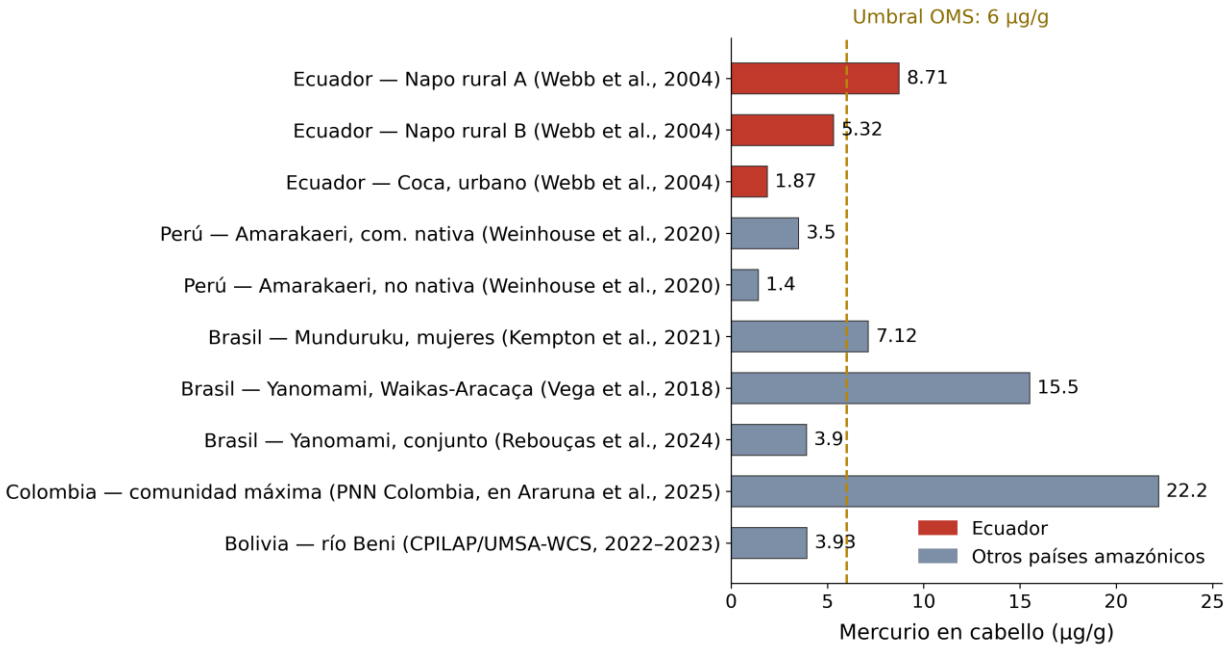


Fig. 2. Comparación de concentraciones de mercurio en cabello humano (media o mediana según lo reportado en cada estudio) en poblaciones indígenas y ribereñas de la cuenca amazónica, respecto al umbral de referencia de la OMS (6 µg/g).

3.3 Efectos en la salud documentados

La evidencia clínica directa sobre efectos del mercurio en la salud de poblaciones ecuatorianas es prácticamente inexistente; el conocimiento disponible debe, por tanto, contextualizarse con hallazgos de otros países de la cuenca amazónica, con la salvedad explícita de que estos efectos se infieren por analogía y no han sido demostrados en población ecuatoriana.

En el plano neurológico y del neurodesarrollo, el metilmercurio atraviesa la barrera placentaria y afecta al cerebro fetal, con riesgo de retraso mental, retrasos en el aprendizaje y alteraciones visuales y auditivas (Grandjean et al., 1999). En una cohorte histórica de niños amazónicos brasileños expuestos río abajo de zonas de minería aurífera, más del 80% de los niños en las comunidades más expuestas presentó concentraciones de mercurio en cabello superiores a 10 µg/g, umbral por encima del cual son probables efectos adversos sobre el desarrollo cerebral, con decrementos observados en pruebas de función motora, atención y desempeño visoespacial (Grandjean et al., 1999). En comunidades Yanomami, Rebouças et al. (2024) hallaron que los participantes con mercurio en cabello ≥6,0 µg/g presentaron una prevalencia de neuropatía periférica 78,8% mayor y de deterioro cognitivo 95,9% mayor que quienes tenían niveles inferiores; Jacques et al. (2024) documentaron en niños Yanomami un coeficiente intelectual total promedio de 68,6 puntos, con un riesgo cinco veces mayor de puntuaciones bajas en el grupo con mercurio elevado en cabello. Estudios de carga de enfermedad (DALY) atribuible a la exposición prenatal a metilmercurio en territorio Yanomami han estimado tasas de retraso mental leve de entre 2 y 9 casos por cada 1000 nacidos vivos, según la región evaluada (Vasconcellos et al., 2025).

En el plano cardiovascular y metabólico, Basta et al. (2021) asociaron la exposición a mercurio con hipertensión arterial en comunidades Munduruku (razón de prevalencia 1,6; IC95% 1,3–2,1), hallazgo consistente con revisiones más recientes que también señalan riesgo cardiovascular, metabólico e inmunosupresión asociados a la exposición crónica (Wasserman et al., 2025). Estudios de susceptibilidad genética sugieren, además, que polimorfismos como APOE4 y GSTP1 podrían modular la absorción y la toxicidad del mercurio, lo que introduce una fuente adicional de variabilidad interindividual e interpoblacional en el riesgo (Lucchini et al., 2025).

A escala regional, la revisión de alcance de Santos-Sacramento et al. (2021), que sintetizó estudios sobre neurotoxicidad humana del mercurio en la Amazonía, encontró que las poblaciones expuestas presentaban una carga corporal de mercurio de varias veces la recomendada internacionalmente, con déficits cognitivos, visuales y motores consistentes entre estudios. La revisión sistemática de Araruna et al. (2025) confirmó que los promedios de mercurio en cabello superan los 6 µg/g en Brasil, Colombia y Perú, y documentó manifestaciones neurológicas de intoxicación mercurial evaluadas específicamente en comunidades Yanomami y Munduruku (Brasil) y en las comunidades de Maizal, Cacoatal y Yomibato (Perú).

Ninguno de estos desenlaces clínicos ha sido evaluado de forma sistemática en población indígena ecuatoriana. La ausencia de estudios de neurodesarrollo infantil, de exposición prenatal o materna, y de diseños epidemiológicos que correlacionen los niveles de exposición con desenlaces clínicos constituye, en conjunto, uno de los vacíos más relevantes identificados en esta revisión.

3.4 Marco regulatorio y estrategias de mitigación

Ecuador suscribió el Convenio de Minamata sobre el Mercurio en octubre de 2013, en Kumamoto (Japón), a través de la entonces ministra del Ambiente, Lorena Tapia (Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana, 2013); la Asamblea Nacional aprobó por unanimidad su ratificación en abril de 2016 (Asamblea Nacional del Ecuador, 2016), con lo cual el instrumento entró en vigor para el país en agosto de

2017. En cumplimiento del Anexo C del Convenio, referido específicamente a la minería aurífera artesanal y de pequeña escala, el entonces Ministerio del Ambiente y Agua formuló en 2020 un Plan de Acción Nacional (PAN) sobre el uso de mercurio en la MAPE de oro, que incluyó un inventario nacional de zonas mineras y de producción y uso de mercurio con año base 2018.

A nivel de cooperación internacional, el proyecto planetGOLD Ecuador, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y ejecutado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), promueve la formalización de la MAPE, la adopción de tecnología libre de mercurio y el acceso a mercados responsables de oro. De manera complementaria, el Programa Nacional de Gestión de Químicos (PNGQ) del PNUD apoya al Ministerio de Salud Pública en el desarrollo de un modelo de gestión orientado a eliminar los dispositivos médicos que contienen mercurio.

Pese a este marco regulatorio relativamente robusto en el papel, la persistencia de la minería ilegal e informal —que según estudios recientes continúa empleando mercurio en cerca del 90% de las operaciones locales en algunas zonas del norte de la Amazonía ecuatoriana (Mestanza-Ramón et al., 2022)— evidencia una brecha importante entre la normativa vigente y su aplicación efectiva. Esta brecha, sumada a la ausencia de un sistema de vigilancia epidemiológica y de biomonitoreo humano periódico, limita la capacidad del Estado ecuatoriano para cuantificar el impacto real de sus propios compromisos internacionales en materia de mercurio.

4. Discusión

El análisis comparativo de la evidencia revisada permite identificar una asimetría central: mientras la investigación ambiental sobre mercurio en la Amazonía ecuatoriana ha crecido de forma notable en los últimos cinco años —con estudios en agua, sedimentos, peces y acuíferos de prácticamente todas las provincias amazónicas del país (Escobar-Camacho et al., 2024; Mestanza-Ramón et al., 2023; Passarelli et al., 2024)—, la investigación de biomonitoreo humano permanece prácticamente congelada desde 2016. Esta asimetría es metodológicamente relevante porque los estudios ambientales, por sí solos, no permiten estimar la dosis interna real recibida por las personas ni sus efectos clínicos; solo el biomonitoreo humano —idealmente de metilmercurio, y no solo de mercurio total— puede establecer ese vínculo (Escobar-Camacho et al., 2024).

Al comparar los dos únicos valores ecuatorianos de biomonitoreo humano disponibles con la evidencia regional (Figura 2), se observa que los niveles reportados por Webb et al. (2004) en el valle del Napo —obtenidos hace más de dos décadas, antes del actual auge minero, y en comunidades sin actividad de MAPE activa reportada en ese momento— ya se aproximaban al umbral de referencia de la OMS en una de las comunidades evaluadas (8,71 µg/g). Si se considera que el hallazgo de Weinhouse et al. (2020) en Perú —según el cual pertenecer a una comunidad indígena o nativa predice la exposición a mercurio independientemente de la cercanía geográfica a la minería— es generalizable a otros contextos amazónicos, existen razones para sostener que el riesgo de exposición en las nacionalidades indígenas ecuatorianas podría no depender exclusivamente de la proximidad a los focos mineros actualmente monitoreados (Yutzupino, Punino, Nangaritza), sino también de patrones dietarios y de organización territorial que no han sido evaluados con biomarcadores humanos en el país.

La comparación regional también matiza cualquier lectura alarmista no sustentada en datos propios: los valores ecuatorianos disponibles se ubican en un rango medio dentro de la distribución regional, por debajo de los promedios más altos reportados en Colombia (22,2 µg/g) o en la región de Waikas-Aracaça en Brasil (15,5 µg/g). Esto sugiere que, si bien el riesgo no debe subestimarse, tampoco existe base empírica ecuatoriana para afirmar que la magnitud de la exposición sea equivalente a la de los puntos más críticos identificados en la cuenca amazónica. La postura más defendible, a partir de la evidencia disponible, es que el riesgo en Ecuador está probablemente subestimado por ausencia de datos actualizados, no necesariamente porque la exposición real sea excepcionalmente alta en comparación con la región.

Un segundo eje de discusión se refiere a los efectos en la salud. La totalidad de la evidencia sobre neurodesarrollo infantil, deterioro neurocognitivo, neuropatía periférica e hipertensión asociada a mercurio proviene de Brasil y Perú (Basta et al., 2021; Jacques et al., 2024; Rebouças et al., 2024). Trasladar estos hallazgos a la población ecuatoriana por analogía es razonable como hipótesis de trabajo —dado que comparten cuenca hidrográfica, dieta basada en pescado y, en algunos casos, fuentes de exposición similares (MAPE)— pero no constituye evidencia directa. Esta limitación es particularmente crítica en el caso del neurodesarrollo infantil y la exposición prenatal, dado que la ventana de vulnerabilidad fetal y de la primera infancia es la de mayor relevancia en salud pública según la literatura internacional (Grandjean et al., 1999; Santos-Sacramento et al., 2021), y no existe en Ecuador ningún estudio, publicado o en curso identificado en esta revisión, que la haya abordado.

Finalmente, el marco regulatorio ecuatoriano —ratificación del Convenio de Minamata, Plan de Acción Nacional, planetGOLD— es comparativamente sólido en el papel, pero su efectividad no puede evaluarse sin un sistema de vigilancia que mida su impacto en la exposición real de la población. La experiencia de Brasil, donde la ratificación del Convenio en 2017 no ha impedido que el biomonitoreo continúe documentando niveles elevados en comunidades indígenas casi una década después (Lourenço et al., 2025), sugiere que la sola adhesión a instrumentos internacionales no garantiza una reducción rápida de la exposición, y refuerza la necesidad de un sistema de monitoreo nacional propio e independiente en Ecuador.

5. Conclusiones

La evidencia científica disponible confirma que la minería aurífera artesanal y de pequeña escala, el consumo de pescado contaminado con metilmercurio y, en menor medida, fuentes geogénicas y petroleras, constituyen las principales vías de exposición al mercurio en la Amazonía ecuatoriana, en un contexto de auge minero documentado entre 2018 y 2024. Sin embargo, el biomonitoreo humano —única fuente de evidencia capaz de establecer con precisión la dosis interna recibida por la población— se mantiene esencialmente estancado desde 2016, con apenas dos estudios disponibles para todo el país y ninguno específico para las nueve nacionalidades indígenas de la Amazonía ecuatoriana.

La comparación con Brasil, Perú, Colombia y Bolivia —donde el biomonitoreo en cabello documenta de forma consistente concentraciones por encima del umbral de referencia de la OMS (6 µg/g) y su asociación con deterioro

neurocognitivo, neuropatía periférica, hipertensión y afectación del neurodesarrollo infantil— permite dimensionar, por analogía, un riesgo que en Ecuador no ha sido cuantificado ni descartado con evidencia propia. Esta revisión sostiene que el riesgo de exposición al mercurio en las nacionalidades amazónicas ecuatorianas está probablemente subestimado, no porque existan razones para suponer una exposición excepcionalmente alta en comparación con la región, sino porque la ausencia de datos actualizados impide una estimación fundamentada.

Se identifican como vacíos prioritarios de investigación: (a) la ausencia de biomonitoreo humano reciente (cabello, sangre, orina, leche materna) en las nacionalidades indígenas ecuatorianas; (b) la falta de estudios de neurodesarrollo infantil y de exposición prenatal o materna; (c) la ausencia de diseños epidemiológicos que correlacionen los niveles de exposición con desenlaces clínicos en población ecuatoriana; (d) la escasa medición de metilmercurio —frente al mercurio total— en matrices humanas; y (e) la falta de estudios de co-exposición con otros contaminantes (arsénico, plomo, cadmio, agroquímicos) y de susceptibilidad genética.

Se recomienda, como agenda de investigación prioritaria, el desarrollo de estudios de biomonitoreo de metilmercurio en cabello y de neurodesarrollo infantil en las zonas de mayor actividad minera reciente (Yutzupino, Punino, Nangaritza), diseñados con participación comunitaria y enfoque intercultural, así como el fortalecimiento de un sistema nacional de vigilancia epidemiológica que permita evaluar, con datos propios, la efectividad real de los compromisos asumidos por Ecuador en el marco del Convenio de Minamata.

Agradecimientos

No aplica; el autor no recibió apoyo adicional distinto al declarado en la sección de Financiamiento.

Contribución de los autores: El autor/la autora es responsable de la conceptualización, la búsqueda y el análisis bibliográfico, la redacción del borrador original y la redacción, revisión y edición final del manuscrito.

Financiamiento: Los autores no recibieron apoyo financiero específico para la investigación, redacción y/o publicación de este artículo.

Conflictos de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Uso de inteligencia artificial: El uso de inteligencia artificial se limitó a tareas de apoyo en la búsqueda bibliográfica y en la redacción del manuscrito; todo el contenido fue revisado, verificado y validado por los autores, quienes garantizan la originalidad y precisión del trabajo.

Referencias

Araruna, L. T., et al. (2025). Mercury contamination endangers Indigenous Amazonian communities: A systematic review. *Environmental Science and Pollution Research*. https://doi.org/10.1007/s11356-025-36529-7

Asamblea Nacional del Ecuador. (2016, abril). *Asamblea aprobó Convenio de Minamata sobre el Mercurio para proteger la salud*. https://www.asambleanacional.gob.ec/es/blogs/maria-calle/42812-asamblea-aprobo-convenio-de-minamata-sobre-el

Basta, P. C., Viana, P. V. S., Vasconcellos, A. C. S., Périssé, A. R. S., Hofer, C. B., Paiva, N. S., Kempton, J. W., & Ciampi de Andrade, D. (2021). Mercury exposure in Munduruku indigenous communities from Brazilian Amazon. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(17), 9222. https://doi.org/10.3390/ijerph18179222

Crespo-López, M. E., Augusto-Oliveira, M., Lopes-Araújo, A., Santos-Sacramento, L., Takeda, P. Y., Macchi, B. M., do Nascimento, J. L. M., Maia, C. S. F., Lima, R. R., & Arrifano, G. P. (2020). Mercury: What can we learn from the Amazon? *Environment International, 144*, 106223. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106223

Escobar-Camacho, D., Rosero-López, D., Ruiz-Urigüen, M., et al. (2024). Mercury in aquatic ecosystems of two indigenous communities in the Piedmont Ecuadorian Amazon: Evidence from fish, water, and sediments. *Ecotoxicology, 33*(4–5), 440–456. https://doi.org/10.1007/s10646-024-02764-w

Gibb, H., & O'Leary, K. G. (2014). Mercury exposure and health impacts among individuals in the artisanal and small-scale gold mining community: A comprehensive review. *Environmental Health Perspectives, 122*(7), 667–672. https://doi.org/10.1289/ehp.1307864

Grandjean, P., White, R. F., Nielsen, A., Cleary, D., & de Oliveira Santos, E. C. (1999). Methylmercury neurotoxicity in Amazonian children downstream from gold mining. *Environmental Health Perspectives, 107*(7), 587–591. https://doi.org/10.1289/ehp.99107587

Jacques, A. D., et al. (2024). Clinical, laboratory and neurodevelopmental findings in children from the Yanomami-Ninam population chronically exposed to methylmercury. *Toxics, 12*(3), 193. https://doi.org/10.3390/toxics12030193

Kempton, J. W., et al. (2021). An assessment of health outcomes and methylmercury exposure in Munduruku indigenous women of childbearing age and their children under 2 years old. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(19), 10091. https://doi.org/10.3390/ijerph181910091

Lourenço, M., et al. (2025). Mercury contamination in Brazil related to (historical) artisanal and small-scale gold mining activity: A narrative review with quantitative synthesis. *Environmental Geochemistry and Health*. https://doi.org/10.1007/s10653-025-02929-4

Lucchini, R. G., et al. (2025). Mercury contamination and co-exposures in the Amazon basin: At the center of the planetary environmental crisis. *Annals of Global Health, 91*(1). https://doi.org/10.5334/aogh.4817

Mestanza-Ramón, C., et al. (2022). Artisanal and small-scale gold mining (ASGM): Management and socioenvironmental impacts in the northern Amazon of Ecuador. *Sustainability, 14*(11), 6854. https://doi.org/10.3390/su14116854

Mestanza-Ramón, C., et al. (2023). Assessment of Hg pollution in stream waters and human health risk in areas impacted by mining activities in the Ecuadorian Amazon. *Environmental Geochemistry and Health*. https://doi.org/10.1007/s10653-023-01597-6

Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana del Ecuador. (2013). *Ecuador suscribe el Convenio de Minamata sobre el Mercurio*. https://www.cancilleria.gob.ec/ecuador-suscribe-el-convenio-de-minamata-sobre-el-mercurio/

Passarelli, I., Villacis Verdesoto, M. V., Jiménez-Oyola, S., et al. (2024). Analysis of mercury in aquifers in gold mining areas in the

Ecuadorian Amazon and its associated risk for human health. *Toxics, 12*(2), 162. https://doi.org/10.3390/toxics12020162

Pinheiro, M. da C. N., et al. (2025). Mercury exposure and health effects in indigenous people from the Brazilian Amazon—Literature-scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 22*(8), 1159. https://doi.org/10.3390/ijerph22081159

Rebouças, B. H. B., et al. (2024). Long-term environmental methylmercury exposure is associated with peripheral neuropathy and cognitive impairment among an Amazon indigenous population. *Toxics, 12*(3), 212. https://doi.org/10.3390/toxics12030212

Santos-Sacramento, L., Arrifano, G. P., Souza-Talarico, J., Barros Fonseca, M. C., do Nascimento, J. L. M., & Crespo-Lopez, M. E. (2021). Human neurotoxicity of mercury in the Amazon: A scoping review. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 208*, 111686. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111686

Tarras-Wahlberg, N., Flachier, A., Lane, S. N., & Sangfors, O. (2001). Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: The Puyango River Basin, Southern Ecuador. *Science of the Total Environment, 278*(1–3), 239–261. https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00655-6

Vasconcellos, A. C. S., et al. (2018). Burden of Mild Mental Retardation attributed to prenatal methylmercury exposure in Amazon: Local and regional estimates. *Ciência & Saúde Coletiva, 23*(11). https://doi.org/10.1590/1413-812320182311.15812016

Vasconcellos, A. C. S., et al. (2021). Health risk assessment of mercury exposure from fish consumption in Munduruku indigenous communities in the Brazilian Amazon. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(15), 7940. https://doi.org/10.3390/ijerph18157940

Vasconcellos, A. C. D. de, et al. (2025). Burden of disease attributed to prenatal methylmercury exposure in the Yanomami Indigenous Land. *Toxics, 13*(5), 339. https://doi.org/10.3390/toxics13050339

Vega, C. M., Orellana, J. D. Y., Oliveira, M. W., Hacon, S. S., & Basta, P. C. (2018). Human mercury exposure in Yanomami indigenous villages from the Brazilian Amazon. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 15*(6), 1051. https://doi.org/10.3390/ijerph15061051

Wasserman, J. C., et al. (2025). Goldmining and ecosystem disruption in the Amazon: Impacts on vulnerable communities and environmental restoration. *Chemosphere.* https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144582

Webb, J., Mainville, N., Mergler, D., Lucotte, M., Betancourt, O., Davidson, R., Cueva, E., & Quizhpe, E. (2004). Mercury in fish-eating communities of the Andean Amazon, Napo River Valley, Ecuador. *EcoHealth, 1*(Suppl. 2), SU59–SU71. https://doi.org/10.1007/s10393-004-0063-0

Webb, J., Coomes, O. T., Ross, N., & Mergler, D. (2016). Mercury concentrations in urine of Amerindian populations near oil fields in the Peruvian and Ecuadorian Amazon. *Environmental Research, 151*, 344–350. https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.040

Weinhouse, C., Ortiz, E. J., Berky, A. J., Bullins, P., Hare-Grogg, J., Rogers, L., Morales, A. M., Hsu-Kim, H., & Pan, W. K. (2020). A population-based mercury exposure assessment near an artisanal and small-scale gold mining site in the Peruvian Amazon. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 30*, 983–993. https://doi.org/10.1038/s41370-020-0234-2

© 2026. The Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY) International License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

HORIZONTES AMAZÓNICOS

PastazaUnida & Solidaria

Evaluación del efecto antimicrobiano de extractos de *Uncaria tomentosa (Willd. ex Schult.*) DC. frente a cepas bacterianas y fúngicas de importancia clínica y ambiental

Evaluation of the antimicrobial effect of Uncaria tomentosa (Willd. ex Schult.) DC. extracts against bacterial and fungal strains of clinical and environmental importance

Investigación Original

Danny Roberto Ortega Mazon[a], Gabriela Ines Mendez Silva[a]

[a] *Universidad Politecnica Salesiana, Maestria en Biotecnologia Molecular, Quito, Ecuador*

Resumen. La resistencia antimicrobiana (RAM) representa una amenaza global creciente que impulsa la búsqueda de alternativas terapéuticas de origen vegetal. *Uncaria tomentosa* (Willd. ex Schult.) DC. (uña de gato), liana amazónica de la familia Rubiaceae, posee una rica composición fitoquímica con actividad antimicrobiana documentada. Se evaluó el efecto antimicrobiano de extractos de corteza seca obtenidos con cuatro solventes (EtOH 100%, MeOH 100%, EtOH 80:20, MeOH 80:20) a tres concentraciones (1%, 5%, 10% p/v) frente a *Escherichia coli* ATCC 8739, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P y *Candida albicans* ATCC 10231, mediante tamizaje fitoquímico, difusión en disco (Kirby-Bauer) y microdilución en caldo (CMI). Los resultados fueron analizados por ANOVA multifactorial con prueba post hoc de Tukey. El tamizaje confirmó alcaloides, flavonoides, taninos, fenoles, saponinas y terpenoides en todos los extractos, con mayor intensidad en los sistemas 80:20. Los halos de inhibición mostraron relación dosis-dependiente; MeOH 80:20 al 10% produjo los mayores halos frente a *S. aureus* (19 mm) y *C. albicans* (18 mm). La CMI más baja (10 µg/mL) se obtuvo frente a *S. aureus* con MeOH 100%, MeOH 80:20 y EtOH 80:20. El ANOVA reveló efectos significativos del solvente, la concentración, el microorganismo y sus interacciones ($p < 0,001–0,022$). *U. tomentosa* constituye una fuente promisoria de agentes antimicrobianos naturales, particularmente eficaz frente a bacterias Gram-positivas.

Palabras clave: resistencia antimicrobiana, Uncaria tomentosa, extractos vegetales, actividad antimicrobiana, concentración mínima inhibitoria, solventes.

Abstract. *Antimicrobial resistance (AMR) is a growing global threat driving the search for plant-based therapeutic alternatives. Uncaria tomentosa (Willd. ex Schult.) DC. (cat's claw), an Amazonian liana of the Rubiaceae family, has a rich phytochemical composition with documented antimicrobial activity. We evaluated the antimicrobial effect of dry-bark extracts obtained with four solvents (EtOH 100%, MeOH 100%, EtOH 80:20, MeOH 80:20) at three concentrations (1%, 5%, 10% w/v) against Escherichia coli ATCC 8739, Staphylococcus aureus ATCC 6538P, and Candida albicans ATCC 10231, using phytochemical screening, disk diffusion (Kirby-Bauer), and broth microdilution (MIC). Data were analyzed by multifactorial ANOVA with Tukey post hoc test. Screening confirmed alkaloids, flavonoids, tannins, phenols, saponins, and terpenoids in all extracts, with greater intensity in 80:20 mixtures. Inhibition zones were dose-dependent; MeOH 80:20 at 10% yielded the largest zones against S. aureus (19 mm) and C. albicans (18 mm). The lowest MIC (10 µg/mL) was obtained against S. aureus with MeOH 100%, MeOH 80:20, and EtOH 80:20. ANOVA revealed significant effects of solvent, concentration, microorganism, and interactions ($p < 0.001–0.022$). U. tomentosa is a promising source of natural antimicrobial agents, particularly effective against Gram-positive bacteria.*

Keywords: *antimicrobial resistance, Uncaria tomentosa, plant extracts, antimicrobial activity, minimum inhibitory concentration, solvents*

Check for updates

ID documento: HA-V2-N2-002
Received: 12/04/2026; Accepted: 05/06/2026; Published: 17/06/2026

1. Introducción

La resistencia antimicrobiana (RAM) es reconocida por la OMS como una de las diez mayores amenazas para la salud pública mundial. En 2019, fue causa directa de 1,27 millones de muertes globales, y las proyecciones advierten hasta 10 millones de muertes anuales hacia 2050 sin medidas efectivas (Aguilar et al., 2022). Este fenómeno compromete la eficacia de antibióticos establecidos frente a infecciones bacterianas y fúngicas, impulsando urgentemente la búsqueda de alternativas terapéuticas (Oliveira et al., 2024).

En Ecuador, la RAM se ve agravada por el uso indiscriminado de antimicrobianos, la presión selectiva de efluentes agropecuarios e industriales y la vigilancia epidemiológica insuficiente. Las plantas medicinales ofrecen una alternativa promisoria dado que sus metabolitos secundarios actúan sobre múltiples dianas biológicas, dificultando el desarrollo de resistencia cruzada.

Uncaria tomentosa (Willd. ex Schult.) DC., conocida como uña de gato, es una liana de la familia Rubiaceae ampliamente distribuida en la Amazonía sudamericana. Su corteza concentra alcaloides oxindólicos pentacíclicos (POA) y tetracíclicos (TOA), proantocianidinas, flavonoides, ácidos fenólicos y triterpenos (Blanck et al., 2022; Batiha et al., 2020). Estudios previos han reportado actividad frente a bacterias Gram-positivas, Gram-negativas y hongos patógenos; sin embargo, persisten vacíos sobre la eficacia comparativa entre solventes, concentraciones y cepas evaluadas de forma simultánea y sistemática.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto antimicrobiano de extractos de corteza de *U. tomentosa* obtenidos con cuatro solventes a tres concentraciones frente a *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*, cuantificando halos de inhibición y CMI mediante análisis estadístico multifactorial.

2. Método

Tabla 1.
Variables del estudio.

Variable	Rol	Definición operacional	Indicador
Tratamiento con extractos de U. tomentosa	Independiente	Solvente (EtOH 100%, MeOH 100%, EtOH 80:20, MeOH 80:20) × Concentración (1%, 5%, 10% p/v)	Combinación solvente-concentración
Actividad antimicrobiana	Dependiente	Respuesta del crecimiento microbiano frente al tratamiento	Halo de inhibición (mm) y CMI (µg/mL)

Nota. *Los resultados se expresan en mm (halos de inhibición) y µg/mL (CMI). Tres réplicas por tratamiento-microorganismo.*

2.1 Diseño experimental y variables de estudio

Se adoptó un enfoque cuantitativo con diseño experimental completamente aleatorizado factorial 4×3: factor A (solvente, 4 niveles) × factor B (concentración, 3 niveles), con 12 tratamientos evaluados frente a tres microorganismos con tres réplicas cada uno (Tabla 1).

2.2 Material vegetal y preparación de extractos

Se empleó corteza seca en polvo de *U. tomentosa* adquirida comercialmente en Puyo (Amazonía ecuatoriana). Para cada extracto, 5 g de polvo (tamiz 40 mesh) se maceraron con el solvente correspondiente bajo ultrasonido (60% frecuencia, 10 min), se centrifugaron y filtraron (papel Whatman N° 1). Los sobrenadantes se envasaron en vidrio ámbar a 4 °C hasta el análisis. Se prepararon concentraciones de 1%, 5% y 10% (m/v) para los cuatro solventes.

2.3 Tamizaje fitoquímico

Se realizó tamizaje fitoquímico cualitativo con reactivos estándar: Mayer, Dragendorff y Wagner (alcaloides); Shinoda (flavonoides); $FeCl_3$ y acetato de plomo (taninos y fenoles); prueba de espuma (saponinas); Salkowski y Liebermann-Burchard (terpenoides/esteroides). Los resultados se codificaron como − (no detectado), + (detectado), ++ (señal moderada), +++ (señal fuerte).

2.4 Actividad antimicrobiana

Cepas ATCC (*E. coli* 8739, *S. aureus* 6538P, *C. albicans* 10231) fueron reactivadas y los inóculos ajustados a 0,5 McFarland (~1,5×10⁸ UFC/mL para bacterias). El ensayo de Kirby-Bauer se realizó en agar nutritivo (bacterias, 37 °C/24 h) y agar Sabouraud (levadura, 30 °C/48 h), con discos de 6 mm impregnados con 20 µL de extracto. Controles positivos: gentamicina 10 µg/disco y fluconazol 25 µg/disco. Para la CMI se empleó microdilución en caldo (Mueller-Hinton/RPMI-1640) en placas de 96 pocillos a concentraciones de 200, 100, 50 y 10 µg/mL, definiendo CMI como la menor concentración sin turbidez visible. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

2.5 Análisis estadístico

Se aplicó ANOVA multifactorial (factores: solvente, concentración, microorganismo e interacciones) y prueba post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$) con el software SPSS v.25.

3. Resultados

3.1 Tamizaje fitoquímico

Todos los extractos presentaron los seis grupos de metabolitos evaluados (Tabla 2). Las mezclas hidroalcohólicas 80:20, especialmente MeOH 80:20 a 5% y 10%, exhibieron mayor intensidad en flavonoides (+++) y taninos/fenoles (+++), lo que indica mayor extracción de polifenoles al combinar la polaridad del agua y el metanol.

Tabla 2.
Tamizaje fitoquímico cualitativo de extractos de corteza de U. tomentosa (intensidad de reacción).

Solvente	Conc.	Alcaloides	Flavonoides	Taninos	Fenoles	Saponinas	Terpenoides
EtOH 100%	1%	+	+	++	++	+	+
EtOH 100%	5%	+	++	++	++	+	+
EtOH 100%	10%	+	++	**+++**	**+++**	+	+
MeOH 100%	1%	+	+	++	++	+	+
MeOH 100%	5%	+	++	**+++**	**+++**	+	+
MeOH 100%	10%	+	++	**+++**	**+++**	+	+
EtOH 80:20	1%	+	++	++	++	+	+
EtOH 80:20	5%	+	++	**+++**	**+++**	+	+

EtOH 80:20	10%	+	**+++**	**+++**	**+++**	+	+
MeOH 80:20	1%	+	++	**+++**	**+++**	+	+
MeOH 80:20	5%	+	**+++**	**+++**	**+++**	+	+
MeOH 80:20	10%	+	**+++**	**+++**	**+++**	+	+

Nota. *(+) detectado; (++) señal moderada; (+++) señal fuerte; (−) no detectado.*

3.2 Actividad antimicrobiana por difusión en disco

Los halos de inhibición (Tabla 3, Figura 1) mostraron relación dosis-dependiente en los tres microorganismos. Los extractos 80:20 superaron a los solventes puros en todos los casos. MeOH 80:20 al 10% produjo el mayor halo global: 19 mm frente a *S. aureus* y 18 mm frente a *C. albicans*. *S. aureus* fue el microorganismo más sensible, seguido de *C. albicans* y *E. coli*. Los controles negativos no superaron 2 mm.

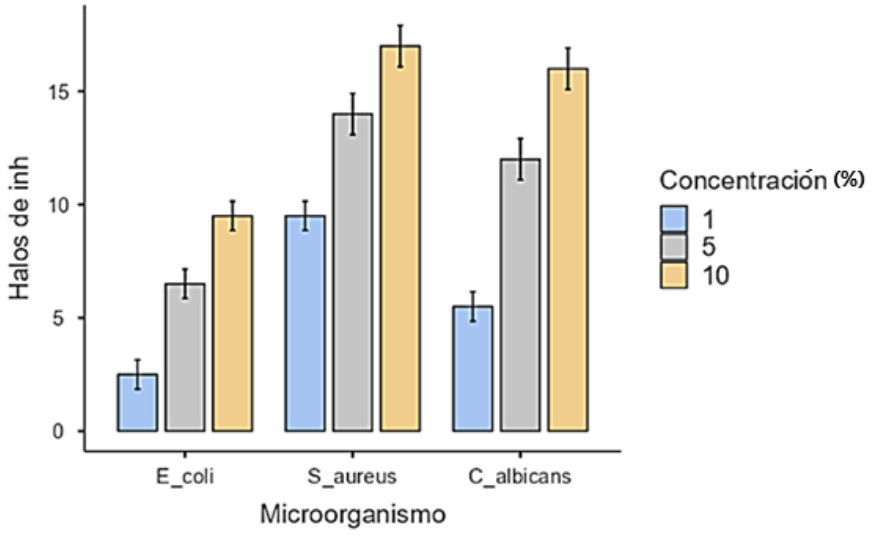
Tabla 3.

Halos de inhibición (mm ± DS) de los extractos de U. tomentosa frente a los microorganismos evaluados.

Solvente / Control	Conc.	*E. coli* (mm)	*S. aureus* (mm)	*C. albicans* (mm)	Observación
EtOH 100%	1%	1 ± 0,2	8 ± 0,4	4 ± 0,3	
	5%	5 ± 0,3	12 ± 0,5	10 ± 0,4	
	10%	8 ± 0,5	15 ± 0,6	14 ± 0,5	
MeOH 100%	1%	2 ± 0,2	9 ± 0,4	5 ± 0,3	
	5%	6 ± 0,4	13 ± 0,5	11 ± 0,4	
	10%	9 ± 0,5	16 ± 0,6	15 ± 0,5	
EtOH 80:20	1%	3 ± 0,3	10 ± 0,4	6 ± 0,3	
	5%	7 ± 0,4	15 ± 0,5	13 ± 0,4	
	10%	10 ± 0,5	18 ± 0,7	17 ± 0,6	
MeOH 80:20	1%	4 ± 0,3	11 ± 0,4	7 ± 0,3	
	5%	8 ± 0,4	16 ± 0,6	14 ± 0,5	
	10%	11 ± 0,6	**19 ± 0,7***	**18 ± 0,6***	Mayor actividad global
C(−) EtOH	—	< 2	< 2	0	
C(−) MeOH	—	< 2	< 2	0	
C(+) Gentamicina	10 µg	20 ± 0,8	17 ± 0,6	—	
C(+) Fluconazol	25 µg	—	—	20 ± 0,7	

Nota. *Media ± desviación estándar (n = 3). C(−): control negativo; C(+): control positivo. *Valor máximo obtenido.*

Figura 1. Halos de inhibición promedio (mm) según concentración del extracto y microorganismo evaluado.



3.3 Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

Los valores de CMI (Tabla 4) oscilaron entre 10 y 100 µg/mL. *S. aureus* fue el microorganismo más susceptible, con CMI de 10 µg/mL para MeOH 100%, MeOH 80:20 y EtOH 80:20. *E. coli* presentó CMI de 50 µg/mL (extractos 80:20) y 100 µg/mL (extractos absolutos), mientras que *C. albicans* mostró sensibilidad intermedia (50–100 µg/mL), con valores menores en las mezclas 80:20.

Tabla 4.

Concentración mínima inhibitoria (CMI, µg/mL) de los extractos de U. tomentosa.

Microorganismo	Extracto	200 µg/mL	100 µg/mL	50 µg/mL	10 µg/mL	CMI (µg/mL)
E. coli	MeOH 100%	−	−	+	+	**100**
	MeOH 80:20	−	−	−	+	**50**
	EtOH 100%	−	−	+	+	**100**
	EtOH 80:20	−	−	−	+	**50**
S. aureus	MeOH 100%	−	−	−	−	**10**
	MeOH 80:20	−	−	−	−	**10**
	EtOH 100%	−	−	−	+	**50**
	EtOH 80:20	−	−	−	−	**10**
C. albicans	MeOH 100%	−	−	+	+	**100**
	MeOH 80:20	−	−	−	+	**50**
	EtOH 100%	−	−	+	+	**100**
	EtOH 80:20	−	−	−	+	**50**

Nota. *(−) sin crecimiento (inhibición); (+) con crecimiento. La CMI corresponde a la menor concentración con ausencia de turbidez.*

3.4 Análisis estadístico

El ANOVA multifactorial (Tabla 5) reveló efectos principales significativos para los tres factores y todas sus interacciones ($p < 0,001$ a 0,022). La prueba de Tukey (Tabla 6) confirmó que MeOH 80:20 produjo los halos más altos, siendo significativamente superior a los demás solventes ($p < 0,001$), excepto respecto a EtOH 80:20 ($p = 0,421$). Para el factor concentración, todas las comparaciones fueron significativas ($p < 0,001$).

Tabla 5.

Resultados del ANOVA multifactorial para halos de inhibición de U. tomentosa.

Fuente de variación	gl	p	Sig.
Solvente	3	**< 0,001**	**
Concentración	2	**< 0,001**	**
Microorganismo	2	**< 0,001**	**
Solvente × Concentración	6	**0,022**	*
Solvente × Microorganismo	6	**< 0,001**	**
Concentración × Microorganismo	4	**< 0,001**	**
Solvente × Concentración × Microorganismo	12	**0,002**	**

Nota. *gl: grados de libertad. **: p < 0,01; *: p < 0,05.*

Tabla 6.

Comparaciones múltiples post hoc de Tukey para el factor solvente.

Solvente (I)	Solvente (J)	Dif. medias (I−J)	EE	p Tukey	
EtOH 100%	MeOH 100%	−1,407	0,313	**< 0,001**	
EtOH 100%	EtOH 80:20	−1,889	0,313	**< 0,001**	
EtOH 100%	MeOH 80:20	−2,852	0,313	**< 0,001**	
MeOH 100%	EtOH 80:20	−0,481	0,313	0,421	ns

MeOH 100%	MeOH 80:20	−1,444	0,313	**< 0,001**
EtOH 80:20	MeOH 80:20	−0,963	0,313	**0,015**

Nota. *EE: error estándar. ns: no significativo (p > 0,05).*

4. Discusión

El tamizaje fitoquímico confirma la abundante riqueza metabólica de *U. tomentosa*, coincidiendo con Blanck et al. (2022) y Navarro-Hoyos et al. (2018), quienes documentaron alcaloides oxindólicos, proantocianidinas y flavonoides como principales responsables de la actividad antimicrobiana. La mayor intensidad en extractos 80:20 es consistente con Montiel et al. (2023), quienes atribuyeron este fenómeno a que las mezclas hidroalcohólicas combinan polaridades complementarias que favorecen la extracción de polifenoles y alcaloides.

La superioridad antimicrobiana de los extractos 80:20 (Figura 1, Tabla 3) replica el patrón reportado por Navarro-Hoyos et al. (2019) y Moraes et al. (2016). El componente acuoso incrementa la solubilidad de compuestos polares activos (taninos condensados, sales de alcaloides), mientras que el solvente orgánico extrae fracciones con capacidad membranolítica.

La mayor sensibilidad de *S. aureus* respecto a *E. coli* es coherente con la literatura (Blanck et al., 2022; Ccahuana-Vásquez et al., 2007). La membrana externa de las bacterias Gram-negativas actúa como barrera de permeabilidad que restringe la entrada de alcaloides e isoflavonoides hidrófobos. La CMI de 10 µg/mL para *S. aureus* con MeOH 80:20 es comparable a la reportada por Sánchez Hernández et al. (2022) y se considera alta actividad para un extracto crudo (Famuyide et al., 2019).

La actividad moderada frente a *C. albicans* (CMI 50–100 µg/mL) concuerda con Moraes et al. (2015, 2016). Las interacciones significativas solvente × concentración × microorganismo (p = 0,002) reflejan la naturaleza multifactorial de la actividad. Como limitación, los valores de CMI se determinaron por ausencia de turbidez visual sin confirmación colorimétrica, lo que puede subestimar actividad bacteriostática. Estudios futuros deben orientarse al fraccionamiento bioguiado, caracterización por HPLC-MS y evaluación de sinergismo antibiótico.

5. Conclusiones

El tamizaje fitoquímico confirmó la presencia universal de alcaloides, flavonoides, taninos, fenoles, saponinas y terpenoides en todos los extractos, con mayor intensidad en las mezclas hidroalcohólicas 80:20.

Los extractos mostraron actividad antimicrobiana dosis-dependiente, con MeOH 80:20 al 10% como el tratamiento más activo (11 mm en *E. coli*, 19 mm en *S. aureus*, 18 mm en *C. albicans*). La CMI más baja (10 µg/mL) frente a *S. aureus* indica alta actividad para un extracto crudo.

El ANOVA multifactorial confirmó efectos estadísticamente significativos del solvente, la concentración, el microorganismo y todas sus interacciones (p ≤ 0,022). *S. aureus* fue el más sensible, seguido de *C. albicans* y *E. coli*.

U. tomentosa se posiciona como fuente promisoria de agentes antimicrobianos naturales, con potencial para el desarrollo de fitofármacos. Se recomienda continuar con fraccionamiento bioguiado y evaluación de sinergismo con antibióticos convencionales.

Agradecimientos

Los autores agradecen al laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica y al laboratorio clínico RioLab por facilitar las instalaciones para la fase experimental.

Contribución de los autores: D.O.M.: conceptualización, metodología, investigación, análisis formal, redacción borrador. G.M.S.: supervisión, validación, revisión y edición.

Financiamiento: Los autores no recibieron apoyo financiero externo.

Conflictos de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias

Aguilar, G. R., et al. (2022). Global mortality associated with 33 bacterial pathogens in 2019. The Lancet, 400(10369), 2221–2248.

Batiha, G., et al. (2020). Uncaria tomentosa (Willd. ex Schult.) DC.: A Review on Chemical Constituents and Biological Activities. Applied Sciences, 10(8), 2668.

Blanck, J., Huebner, T., Rolls, A., Cornell, J., & Hwang, C. (2022). Comprehensive Review of the Components in Cat's Claw (Uncaria tomentosa) and Their Antibacterial Activity. AppliedChem, 2(4), 174–211.

Ccahuana-Vásquez, R. A., et al. (2007). Antimicrobial Activity of Uncaria tomentosa Against Oral Human Pathogens. Brazilian Oral Research, 21(1), 46–50.

Famuyide, I. M., et al. (2019). Antibacterial and Antibiofilm Activity of Acetone Leaf Extracts of Nine South African Eugenia and Syzygium Species. BMC Complementary and Alternative Medicine, 19(1), 1–12.

Jadimurthy, R., et al. (2023). Phytochemicals as Invaluable Sources of Potent Antimicrobial Agents to Combat Antibiotic Resistance. Life, 13(3), 734.

Moraes, R., et al. (2015). Antifungal activity of Uncaria tomentosa against resistant non-albicans Candida isolates. Phytomedicine, 22(2), 189–195.

Moraes, R., et al. (2016). In vitro synergism of a water insoluble fraction of Uncaria tomentosa combined with fluconazol and terbinafine. Phytomedicine, 23(2), 189–195.

Montiel, D. G., et al. (2023). Influence of the Extraction Method on the Polyphenolic Profile and the Antimicrobial Activity. Molecules, 28(7), 2956.

Navarro-Hoyos, M., et al. (2018). Polyphenolic Composition and Antioxidant Activity of Aqueous and Ethanolic Extracts from Uncaria tomentosa. Antioxidants, 7(9), 65.

Navarro-Hoyos, M., et al. (2019). Polyphenolic Composition and Antioxidant Activity of Uncaria tomentosa Commercial Bark Products. Antioxidants, 8(9), 339.

Oliveira, M., et al. (2024). An Overview of the Recent Advances in Antimicrobial Resistance. Microorganisms, 12(2), 407.

Sánchez Hernández, E., et al. (2022). Bark Extract of Uncaria tomentosa L. for the Control of Phytopathogenic and Clinically Relevant Bacteria. Plants, 11(19), 2574.

Sena, C. M., et al. (2025). Effects of Uncaria tomentosa and Uncaria guianensis Aqueous Extract on Enzyme Activity. Molecules, 30, 123.

© 2026. The Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY) International License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

HORIZONTES AMAZÓNICOS

PastazaUnida & Solidaria

¿Chocolate o riqueza? Replicación transnacional de la correlación entre consumo de chocolate y Premios Nobel con datos actualizados (1901–2025), inclusión de América Latina y modelos de conteo con exceso de ceros

Chocolate or wealth? A cross-national replication of the chocolate consumption–Nobel Prize correlation with updated data (1901–2025), inclusion of Latin America and zero-inflated count models

Investigación Original

Samantha Lisseth Romero Ruiz

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza, Ecuador

Resumen. La correlación entre consumo per cápita de chocolate y laureados Nobel por 10 millones de habitantes (r = 0.791) es un ejemplo clásico de falacia ecológica, rara vez replicado con datos armonizados y modelos para conteos con exceso de ceros. Se buscó replicarla y ampliarla incorporando a América Latina y el Caribe (ALC) y controles macroeconómicos históricos. Se realizó un estudio ecológico, retrospectivo y transnacional con 129 países (19 de ALC) y 991 premios individuales (1901–2025), atribuidos por país de nacimiento y de afiliación. La exposición fue el cacao disponible para consumo (FAOSTAT); los controles, el PIB per cápita de 1960–2022, el gasto en I+D, la matrícula terciaria y las publicaciones científicas. El análisis avanzó de correlaciones simples y parciales a modelos de Poisson, binomial negativa (BN), inflados por ceros (ZIP, ZINB) y hurdle. En los 23 países originales, la correlación no se reprodujo con la medida armonizada (r = 0.19; p = 0.37). En la muestra ampliada, la correlación cruda (r = 0.37; p < 0.001) desapareció al ajustar por PIB (r parcial = 0.10; p = 0.24). En los modelos BN y ZINB ajustados, la razón de tasas de incidencia del chocolate osciló entre 1.09 y 1.15, con intervalos que incluyeron la unidad; el PIB y la I+D fueron predictores robustos. La leche, usada como control de falsificación, mostró una asociación residual mayor que la del chocolate. La riqueza y la capacidad científica, y no el chocolate, explican la distribución de los Premios Nobel.

Palabras clave: falacia ecológica; replicación; regresión binomial negativa inflada por ceros; Premios Nobel; América Latina

Abstract. The correlation between per capita chocolate consumption and Nobel laureates per 10 million inhabitants (r = 0.791) became a textbook example of the ecological fallacy, yet it has rarely been replicated with harmonized data, unselected samples and models suited to zero-heavy counts. We aimed to replicate and extend that finding by including Latin America and the Caribbean (LAC) and historically lagged macroeconomic controls. We conducted an ecological, retrospective, cross-national study of 129 countries (19 in LAC) and 991 individual prizes awarded between 1901 and 2025, attributed by country of birth and of affiliation. Exposure was cocoa available for consumption (FAOSTAT); controls were mean GDP per capita for 1960–2022, R&D expenditure, tertiary enrollment and scientific output. The analysis moved from simple and partial correlations to Poisson, negative binomial (NB), zero-inflated Poisson and NB (ZIP, ZINB) and hurdle models. In Messerli's 23 countries the correlation was not reproduced with the harmonized measure (r = 0.19; p = 0.37). In the extended sample, the crude correlation (r = 0.37; p < 0.001) vanished after adjustment for GDP (partial r = 0.10; p = 0.24). In adjusted NB and ZINB models, the incidence rate ratio for chocolate ranged from 1.09 to 1.15 with intervals including one, whereas GDP and R&D were robust predictors. Milk consumption, used as a falsification control, showed a stronger residual association than chocolate. Wealth and scientific capacity, not chocolate, explain the distribution of Nobel Prizes.

Keywords: ecological fallacy; replication; zero-inflated negative binomial regression; Nobel Prize; Latin America

Check for updates

ID documento: HA-V2-N2-005
Received: 4-08-2026; Accepted: 20-09-2026; Published: 13-10-2026

1. Introducción

En 2012, Messerli publicó en el *New England Journal of Medicine* una nota breve que vinculaba el consumo anual de chocolate per cápita de 23 países con su número de laureados Nobel por cada 10 millones de habitantes. La correlación lineal fue notablemente alta (r = 0.791; p < 0.0001) y el autor propuso, de forma explícitamente hipotética, que los flavanoles del cacao podrían mejorar la función cognitiva de la población y, con ello, la probabilidad de producir científicos galardonados (Messerli, 2012). El ejercicio, posiblemente concebido como una provocación, se difundió en la prensa de forma literal y despojado de su ironía, hasta convertirse en el ejemplo contemporáneo más citado de los riesgos de interpretar causalmente una correlación ecológica (McClintock et al., 2014; Szromek, 2026).

La literatura posterior se organizó en varias líneas. La primera fueron las críticas y replicaciones directas: Maurage et al. (2013) mostraron que la interpretación basada en flavanoles se debilita cuando se consideran otros alimentos ricos en estos compuestos, y que correlaciones igual de altas pueden obtenerse con variables sin plausibilidad biológica; Linthwaite y Fuller (2013) reprodujeron un patrón análogo con el consumo

de leche, y Dunstan (2013) subrayó que el diseño era ecológico, generador de hipótesis y temporalmente desalineado, porque el consumo actual no puede explicar descubrimientos realizados décadas atrás. La segunda línea examinó los determinantes económicos: Li (2013) señaló al ingreso nacional como causa común plausible del consumo de chocolate y de los premios, y Doi et al. (2014), con 220 países y partición jerárquica de la varianza, encontraron que el número de publicaciones y el gasto en investigación predicen los premios Nobel mejor que los hábitos dietéticos y que los factores económicos generales. Esta conclusión coincide con la literatura cienciométrica, según la cual la riqueza científica de los países depende de la actividad tecnológica, la política de investigación y la calidad institucional más que del ingreso por sí solo (Pietrucha, 2018; Rodríguez-Navarro & Brito, 2022).

No obstante, la evidencia no es unánime. Prinz (2020), mediante un modelo de selección de Heckman en dos etapas sobre 70 países, informó que una asociación positiva entre chocolate y laureados persistía tras ajustar por PIB per cápita, gasto en I+D, publicaciones y otros consumos, aunque interpretó ese residuo como reflejo de heterogeneidad no observada y no como prueba causal. Así, el desacuerdo en la literatura es estrecho: se discute si la correlación agregada desaparece por completo tras el ajuste, pero existe consenso en que no justifica una inferencia causal (Doi et al., 2014; Prinz, 2020). En paralelo, la evidencia clínica sobre el mecanismo propuesto es, en el mejor de los casos, modesta: algunos ensayos pequeños mostraron mejoras en tareas ejecutivas o de memoria tras 8–12 semanas de cacao rico en flavanoles (Desideri et al., 2012; Mastroiacovo et al., 2015; Brickman et al., 2014), pero el ensayo COSMOS-Mind, con 2262 adultos mayores que recibieron 500 mg/día de flavanoles durante tres años, no encontró efecto sobre la cognición global (Baker et al., 2023), resultado confirmado en la subcohorte clínica del mismo ensayo (Vyas et al., 2024) y matizado por metaanálisis que solo identifican beneficios pequeños y específicos de dominio (Cheng et al., 2022; Arabpour et al., 2026).

Persisten, sin embargo, tres vacíos metodológicos que justifican una replicación actualizada. Primero, el **sesgo de selección**: el análisis original incluyó sobre todo países ricos de Europa Occidental y América del Norte que ya contaban con laureados, truncando la varianza de las variables y excluyendo a la mayoría de naciones con cero premios (Li, 2013; Prinz, 2020). América Latina y el Caribe, región que reúne países productores de cacao y sistemas científicos emergentes, aparece en la literatura solo como contexto general y no como objeto de replicación directa (Rizzuto et al., 2017; Cortés & Andrade, 2022). Segundo, la **atribución nacional** de los laureados: contar por país de nacimiento o por afiliación institucional responde a preguntas distintas, porque los galardonados son altamente móviles y la mayoría realiza su trabajo premiado en unos pocos países, en especial Estados Unidos (Schlagberger et al., 2016; Heinze et al., 2020; Heinze & Fuchs, 2022). Tercero, la **medición y el modelado**: los datos de consumo de chocolate provienen de fuentes industriales heterogéneas y no armonizadas (Apgar & Tarka, 2019; Del Prete & Samoggia, 2020), la variable dependiente es un conteo con exceso de ceros que viola los supuestos de la correlación de Pearson, y la latencia entre las condiciones nacionales y el reconocimiento Nobel exige promedios históricos de las covariables (Dunstan, 2013; Li, 2025).

Más allá de su carácter anecdótico, el caso chocolate–Nobel funciona como un banco de pruebas metodológico para la cienciometría y la epidemiología nutricional: permite cuantificar cuánto de una correlación ecológica sobrevive cuando se corrigen la selección de la muestra, la medición de la exposición, la estructura de confusión y la distribución de la variable respuesta (Loney & Nagelkerke, 2014; Pollet et al., 2014). Para una región como América Latina, donde varios países son grandes productores de cacao fino de aroma y la mayoría invierte menos del 1% de su PIB en I+D, la pregunta tiene además una lectura de política científica: si el chocolate no explica los premios, ¿qué los explica y por qué la región aparece rezagada?

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es replicar la correlación entre consumo de chocolate y laureados Nobel con datos actualizados a 2025 y ampliarla a una muestra transnacional que incluye estratégicamente a América Latina y el Caribe, evaluando si la asociación persiste tras controlar por el PIB per cápita histórico, el gasto en I+D, la matrícula terciaria y la producción científica, mediante un plan escalonado que va desde la correlación simple hasta modelos de conteo con exceso de ceros, y con desagregación de los laureados por país de nacimiento y de afiliación.

2. Método

2.1. Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional, ecológico, retrospectivo y transnacional, en el que la unidad de análisis fue el país. El diseño replicó la especificación original de Messerli (2012) — laureados por cada 10 millones de habitantes frente a consumo per cápita de chocolate— y la amplió en cuatro dimensiones: (a) una muestra no restringida a países con laureados; (b) una exposición armonizada internacionalmente; (c) controles macroeconómicos y científicos medidos como promedios históricos, y (d) modelos de conteo que reconocen la sobredispersión y el exceso de ceros. El marco causal se formalizó mediante un grafo acíclico dirigido (Fig. 1), en el que la riqueza histórica y la geografía cultural actúan como causas comunes del consumo aparente de chocolate y de la producción de laureados, mientras que la I+D, la educación terciaria y la migración científica son mediadores o determinantes directos de los premios.

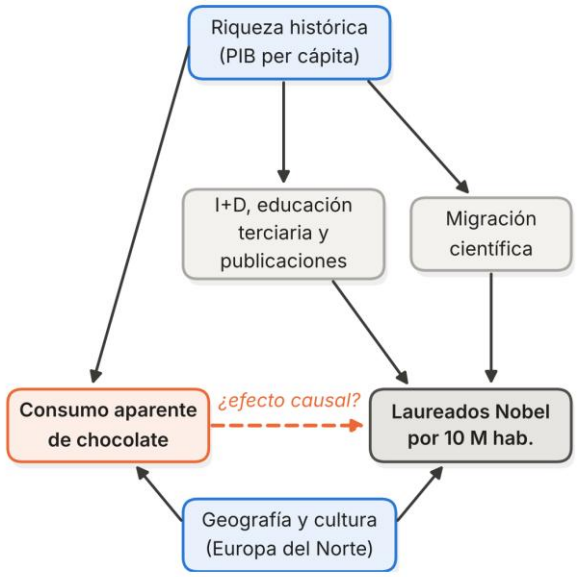


Fig. 1 Grafo acíclico dirigido que representa la estructura causal supuesta. La riqueza histórica y la geografía cultural actúan como causas comunes del consumo aparente de chocolate y de la producción de laureados; la I+D, la educación terciaria, las publicaciones y la migración científica operan como determinantes o mediadores. Recuadros azules: confusores; naranja: exposición; gris: mediadores y desenlace. La flecha discontinua representa el efecto causal puesto a prueba. Fuente: elaboración propia.

2.2. Población, muestra y entorno

La población de referencia fueron los Estados con datos de población en 2023 (n = 159 países con al menos un millón de habitantes). Se excluyeron los microestados (< 1 millón) porque un único laureado genera tasas extremas e inestables (por ejemplo, Santa Lucía con dos laureados); su inclusión se evaluó en el análisis de sensibilidad. La muestra analítica de casos completos estuvo formada por 129 países con información disponible para la exposición y las cuatro covariables principales, de los cuales 19 pertenecen a América Latina y el Caribe (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela). Para la replicación directa se conservó además el subconjunto de los 23 países analizados por Messerli (2012). La recolección y el análisis de datos se efectuaron entre septiembre y octubre de 2026 a partir de fuentes secundarias de acceso abierto; el periodo de observación de los premios abarcó desde 1901 hasta 2025.

2.3. Variables y recolección de datos

Variable dependiente. Se construyó una base de 991 premios individuales (1901–2025) en Física (230), Química (200), Fisiología o Medicina (232), Literatura (122), Paz (108) y Ciencias Económicas (99); se excluyeron las organizaciones galardonadas. Los registros de 1901–2016 se obtuvieron de la base pública derivada de la API de la Fundación Nobel (rfordatascience, 2019) y los de 2017–2025 se completaron manualmente a partir de nobelprize.org (Nobel Prize Outreach, 2025). Cada laureado se atribuyó a su país de nacimiento según las fronteras actuales y, para las ciencias, al país de la primera institución declarada en el momento del premio. Se definieron tres conteos: Y1, todos los premios por país de nacimiento (especificación de Messerli); Y2, premios de ciencias (Física, Química y Medicina) por nacimiento, y Y3, premios de ciencias por afiliación. La tasa de laureados se calculó como:

$$T_i = \frac{N_i}{P_i} \times 10^7 \quad (1)$$

donde N_i es el número de laureados atribuidos al país i y P_i su población en 2023.

Exposición principal. Se utilizó la cantidad de cacao en grano y productos derivados disponible para consumo humano (kg/hab/año) de las Hojas de Balance de Alimentos de FAOSTAT, difundida por Our World in Data (FAO, 2025; Our World in Data, 2025a), promediando los años 2015 y 2022. A diferencia de las cifras industriales empleadas originalmente, esta medida es armonizada, pública y cubre a casi todos los países, aunque representa disponibilidad aparente y no ingesta individual.

Controles. El PIB per cápita real (dólares internacionales de 2011) se promedió para 1960–2022 a partir del Maddison Project Database 2023 (Bolt & van Zanden, 2024), con el fin de respetar la latencia entre las condiciones nacionales y el reconocimiento de los descubrimientos. El gasto interno bruto en I+D (% del PIB) se promedió con los cortes 2000, 2010, 2015 y 2021, y la tasa bruta de matrícula terciaria con los cortes 1990, 2000, 2010 y 2020, ambos de UNESCO-UIS y del Banco Mundial (Our World in Data, 2025b, 2025c). La producción científica (artículos científicos y técnicos por millón de habitantes, promedio de 2000 y 2020; Banco Mundial, 2025) se empleó como covariable adicional y como predictor del componente de ceros estructurales. Como control de falsificación se incluyó el suministro de leche (kg/hab/año, promedio 1961–2017; FAO vía Our World in Data), variable sin plausibilidad neurocognitiva previamente asociada con los premios (Linthwaite & Fuller, 2013). La Tabla 1 resume la operacionalización.

Tabla 1
Operacionalización de las variables, fuentes y ventanas temporales utilizadas

Variable	Definición operativa	Fuente	Ventana	Uso en el análisis
Y1: laureados, todos los premios	Laureados individuales nacidos en el territorio actual del país (Física, Química, Medicina, Literatura, Paz, Economía); se excluyen organizaciones	Nobel Prize Outreach (2025); rfordatascience (2019)	1901–2025	Conteo dependiente (réplica de Messerli)
Y2: laureados en ciencias (nacimiento)	Laureados en Física, Química y Fisiología o Medicina por país de nacimiento	Ídem	1901–2025	Conteo dependiente
Y3: laureados en ciencias (afiliación)	País de la primera institución declarada al recibir el premio	Ídem	1901–2025	Conteo dependiente

Variable	Definición operativa	Fuente	Ventana	Uso en el análisis
Tasa por 10 M hab.	N_i / $P_i \times 10^7$; P_i = población 2023	Our World in Data (población)	2023	Correlaciones; offset $\ln(P_i/10^7)$
Chocolate (exposición)	Cacao en grano y productos disponible para consumo humano (kg/hab/año), media de dos cortes	FAOSTAT, Hojas de Balance (FAO, 2025)	2015 y 2022	Exposición principal
PIB per cápita	PIB real per cápita (USD int. 2011), media anual; en logaritmo natural	Maddison Project 2023 (Bolt & van Zanden, 2024)	1960–2022	Confusor principal
I+D	Gasto interno bruto en I+D (% del PIB), media de cortes disponibles	UNESCO-UIS / Banco Mundial	2000, 2010, 2015, 2021	Confusor
Matrícula terciaria	Tasa bruta de matrícula en educación terciaria (%), por 10 puntos porcentuales	UNESCO-UIS	1990, 2000, 2010, 2020	Confusor
Publicaciones	Artículos científicos y técnicos por millón de habitantes; en ln	Banco Mundial (IP.JRN.ARTC.SC)	2000 y 2020	Covariable (M5) e inflación de ceros (ZINB)
Leche	Suministro de leche, excluida mantequilla (kg/hab/año)	FAOSTAT vía Our World in Data	1961–2017	Control de falsificación
ALC	Indicador de América Latina y el Caribe (19 países)	Clasificación regional	—	Modelo M4; análisis regional

Fuente: elaboración propia.

2.4. Análisis estadístico

El análisis siguió un plan escalonado de cinco etapas. **Etapa 1 (replicación directa):** en los 23 países de Messerli se estimaron los coeficientes de Pearson y Spearman entre la exposición armonizada y la tasa de laureados, tanto con los premios hasta 2011 (horizonte original) como hasta 2025. **Etapa 2 (ampliación bivariada y parcial):** en la muestra de 129 países se estimaron correlaciones simples y correlaciones parciales de Pearson y de Spearman (rangos residualizados) controlando por el logaritmo del PIB per cápita y, sucesivamente, por I+D, matrícula terciaria y publicaciones.

Etapa 3 (modelos de conteo): dado que la variable respuesta es un conteo con alta proporción de ceros (Cameron & Trivedi, 2013), se ajustaron modelos lineales generalizados con enlace logarítmico y desplazamiento (*offset*) poblacional, de modo que los coeficientes exponenciados se interpretan como razones de tasas de incidencia (RTI) por cada 10 millones de habitantes:

$$\ln\mu_i = \ln\left(\frac{P_i}{10^7}\right) + \mathbf{x}_i^{\top}\boldsymbol{\beta} \tag{2}$$

donde $\mathbf{x}_i$ contiene el consumo de cacao (kg/hab/año), el logaritmo natural del PIB per cápita, la I+D (% del PIB) y la matrícula terciaria (por 10 puntos porcentuales). Se ajustaron cinco familias: Poisson; binomial negativa tipo 2 (BN), con varianza

$$\mathrm{Var}(Y_i) = \mu_i + \alpha\mu_i^2 \tag{3}$$

Poisson inflada por ceros (ZIP; Lambert, 1992); binomial negativa inflada por ceros (ZINB), que mezcla un proceso de ceros estructurales con probabilidad π_i y un proceso BN:

$$P(Y_i = 0) = \pi_i + (1-\pi_i)(1+\alpha\mu_i)^{-1/\alpha} \tag{4}$$

$$P(Y_i = k) = (1-\pi_i)\, f_{BN}(k;\mu_i,\alpha), \quad k \geq 1 \tag{5}$$

$$\mathrm{logit}(\pi_i) = \gamma_0 + \gamma_1 \ln \mathrm{Art}_i \tag{6}$$

y un modelo *hurdle* de dos partes (Mullahy, 1986), con una regresión logística para la probabilidad de tener al menos un laureado y una BN truncada en cero para los conteos positivos, análogo conceptual del modelo de selección de Heckman (1979) empleado por Prinz (2020). El componente de inflación se especificó con el logaritmo de las publicaciones por millón, siguiendo el hallazgo de Doi et al. (2014) de que la actividad científica discrimina la entrada de un país en el mapa Nobel. Para cada familia se estimaron cinco especificaciones anidadas: M1 (solo chocolate), M2 (+ PIB), M3 (+ I+D y matrícula terciaria; modelo principal), M4 (+ indicador ALC) y M5 (+ publicaciones).

La sobredispersión se evaluó con el estadístico χ^2 de Pearson dividido por los grados de libertad del modelo de Poisson y con la prueba de significación de α en la BN. La selección entre modelos se basó en el criterio de información de Akaike (AIC), el criterio bayesiano (BIC) y la prueba de Vuong (1989) para modelos no anidados (ZINB frente a BN). **Etapa 4 (sensibilidad):** el modelo M3 se reestimó excluyendo productores de cacao y centros de procesamiento/reexportación (cuyo dato FAOSTAT refleja el comercio y no el consumo), excluyendo a Suecia y Suiza (puntos influyentes en el análisis original), excluyendo a Estados Unidos y Reino Unido (principales receptores de talento), usando el PIB medio de 1990–2022 e incluyendo países de cualquier tamaño. **Etapa 5 (falsificación y contexto regional):** se sustituyó el chocolate por la leche y se añadió un indicador de Europa para evaluar confusión geocultural residual; finalmente, se describieron los laureados nacidos en ALC y su afiliación al recibir el premio. Se adoptó un nivel de significación de 0.05 (bilateral) y se informan intervalos de confianza del 95% (IC 95%). Los análisis se realizaron en Python 3.13 con statsmodels 0.15 (Seabold & Perktold, 2010) y SciPy.

3. Resultados

3.1. Características de la muestra

De los 991 premios individuales, 972 correspondieron a personas nacidas en alguno de los 129 países de la muestra analítica. La distribución fue marcadamente asimétrica y con exceso de ceros: el 45.7% de los países no tenía ningún laureado por nacimiento, el 60.5% ninguno en ciencias por nacimiento y el 79.8% ninguno en ciencias por afiliación; en ALC estas proporciones fueron 47.4%, 78.9% y 94.7%, respectivamente. Los 19 países latinoamericanos sumaron 19 laureados por nacimiento (5 en ciencias) y solo 2 premios de ciencias por afiliación, frente a 655 en el resto del mundo. ALC no se

diferenció del resto en el consumo aparente de cacao, el PIB per cápita histórico ni la matrícula terciaria, pero sí en el gasto en I+D, con una mediana equivalente a la mitad (0.24% frente a 0.48% del PIB; p = 0.003), y mostró una tendencia a menor producción científica per cápita (p = 0.071) (Tabla 2).

Tabla 2

Características de los países de la muestra analítica según región (mediana [rango intercuartílico])

Variable	ALC (n = 19)	Resto (n = 110)	p
Cacao disponible (kg/hab/año)	0.96 [0.53–1.13]	0.84 [0.14–2.14]	0.850
PIB pc 1960–2022 (USD int. 2011)	8,233 [5,665–11,403]	8,404 [2,774–18,219]	0.839
I+D (% PIB)	0.24 [0.08–0.37]	0.48 [0.20–1.04]	0.003
Matrícula terciaria (%)	40.92 [19.88–44.99]	29.73 [8.45–61.54]	0.683
Artículos por millón hab.	68 [23–109]	120 [17–671]	0.071
Laureados, todos (nacimiento)	1.00 [0.00–2.00]; Σ = 19	1.00 [0.00–4.75]; Σ = 953	0.360
Laureados, ciencias (nacimiento)	0.00 [0.00–0.00]; Σ = 5	0.00 [0.00–2.00]; Σ = 649	0.035
Laureados, ciencias (afiliación)	0.00 [0.00–0.00]; Σ = 2	0.00 [0.00–0.00]; Σ = 655	0.076
Tasa, todos (por 10 M)	0.05 [0.00–0.79]	0.08 [0.00–2.53]	0.396

Nota: p de la prueba U de Mann-Whitney. Σ = total de laureados. ALC = América Latina y el Caribe. Fuente: elaboración propia con datos de FAOSTAT, Maddison Project, UNESCO-UIS, Banco Mundial y Nobel Prize Outreach.

3.2. Replicación directa y correlaciones ampliadas

Con la medida armonizada de FAOSTAT, la correlación en los 23 países de Messerli no se reprodujo: r = 0.18 (p = 0.42) con los premios hasta 2011 y r = 0.19 (p = 0.37) con los premios hasta 2025 (Fig. 2A). En contraste, en esos mismos países el logaritmo del PIB per cápita histórico (r = 0.59; p = 0.003), el gasto en I+D (r = 0.56; p = 0.005) y el consumo de leche (r = 0.63; p = 0.001) se correlacionaron significativamente con la tasa de laureados. Algunos de los países con mayor tasa, como Suiza y los Países Bajos, mostraron valores bajos de cacao disponible en FAOSTAT, coherentes con su papel de procesadores y reexportadores.

En la muestra ampliada de 129 países la correlación cruda entre chocolate y laureados fue positiva y significativa para los tres desenlaces (r = 0.37, 0.34 y 0.24; p ≤ 0.006), pero de menor magnitud que la de cualquiera de los indicadores de riqueza o capacidad científica. Tras ajustar únicamente por el PIB per cápita, la correlación parcial se redujo a 0.10 (p = 0.24), 0.07 (p = 0.42) y 0.01 (p = 0.91), respectivamente, y se anuló al añadir I+D y matrícula terciaria (Tabla 3; Fig. 2B). El consumo de cacao se correlacionó a su vez con el PIB (r = 0.57), la matrícula terciaria (r = 0.57), las publicaciones (r = 0.55) y la I+D (r = 0.40), lo que confirma su papel de marcador de prosperidad.

Tabla 3

Replicación directa y ampliada: correlaciones simples y parciales con la tasa de laureados Nobel por 10 millones de habitantes

Muestra	Predictor / ajuste	Todos los premios (nacimiento) r (p)	Ciencias (nacimiento) r (p)	Ciencias (afiliación) r (p)
Messerli, 23 países	Chocolate, Pearson (premios hasta 2011)	0.18 (0.422)	—	—
	Chocolate, Pearson	0.19 (0.373)	0.07 (0.763)	0.08 (0.713)
	Chocolate, Spearman	0.18 (0.404)	0.08 (0.720)	0.19 (0.385)
	ln PIB per cápita, Pearson	0.59 (0.003)	0.56 (0.005)	0.51 (0.012)
	I+D, Pearson	0.56 (0.005)	0.61 (0.002)	0.61 (0.002)
	Leche, Pearson	0.63 (0.001)	0.56 (0.005)	0.47 (0.024)
Ampliada, 129 países	Chocolate, Pearson	0.37 (< 0.001)	0.34 (< 0.001)	0.24 (0.006)
	ln PIB per cápita, Pearson	0.53 (< 0.001)	0.51 (< 0.001)	0.41 (< 0.001)
	I+D, Pearson	0.69 (< 0.001)	0.71 (< 0.001)	0.65 (< 0.001)
	Matrícula terciaria, Pearson	0.54 (< 0.001)	0.53 (< 0.001)	0.36 (< 0.001)
	ln publicaciones, Pearson	0.58 (< 0.001)	0.57 (< 0.001)	0.43 (< 0.001)
	Leche, Pearson (n = 121)	0.68 (< 0.001)	0.66 (< 0.001)	0.53 (< 0.001)
	Chocolate | ln PIB (parcial, Pearson)	0.10 (0.239)	0.07 (0.425)	0.01 (0.914)
	Chocolate | ln PIB (parcial, Spearman)	-0.02 (0.807)	-0.04 (0.640)	-0.12 (0.182)
	Chocolate | PIB, I+D, terciaria (parcial)	0.07 (0.457)	0.02 (0.804)	-0.00 (0.981)
	Chocolate | PIB, I+D, terciaria, publicaciones (parcial)	0.07 (0.460)	0.02 (0.807)	-0.00 (0.986)

Nota: la exposición es el cacao disponible para consumo de FAOSTAT (2015–2022). Para comparación, Messerli (2012) informó r = 0.791 (p < 0.0001) con cifras industriales de consumo de chocolate. Fuente: elaboración propia.

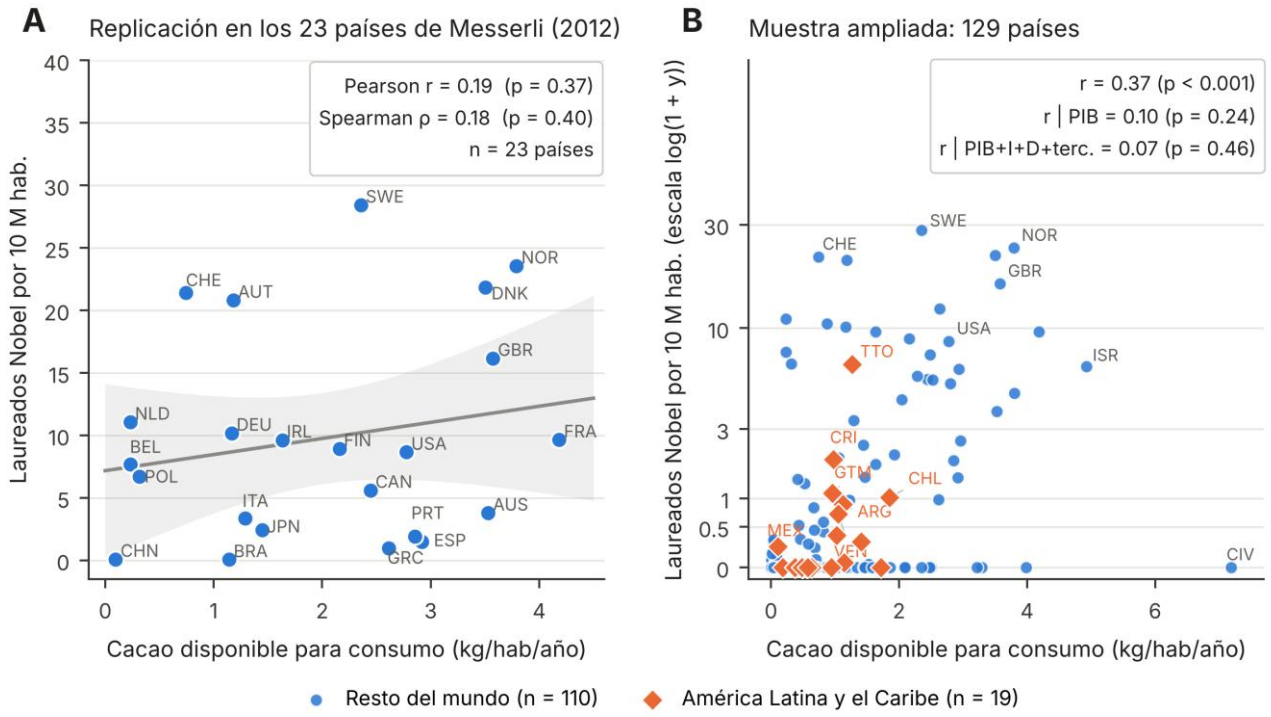


Fig. 2 Relación entre el cacao disponible para consumo (FAOSTAT, media 2015–2022) y los laureados Nobel por 10 millones de habitantes (país de nacimiento, 1901–2025). (A) Replicación en los 23 países de Messerli (2012); la línea es el ajuste por mínimos cuadrados con su banda de confianza del 95%. (B) Muestra ampliada de 129 países con América Latina y el Caribe resaltada; eje vertical en escala log(1 + y) para conservar los países sin laureados. Los recuadros muestran las correlaciones de Pearson simples y parciales. Fuente: elaboración propia.

3.3. Modelos de conteo con exceso de ceros

Los datos mostraron una sobredispersión importante (χ^2 de Pearson/gl del modelo de Poisson M3 = 6.25, 4.66 y 2.72) y el parámetro α de la BN fue significativamente mayor que cero en los tres desenlaces (α = 0.78–0.99; p ≤ 0.004), por lo que los modelos de Poisson y ZIP, que sí asignaron significación estadística al chocolate, resultaron inadecuados (AIC entre 1.5 y 1.9 veces superior al de la BN). Para todos los premios por nacimiento, el componente de inflación de la ZINB convergió hacia cero y el modelo colapsó en la BN (Vuong z ≈ 0; p = 0.50); el modelo *hurdle* obtuvo el menor AIC, aunque la BN tuvo el menor BIC. Para los premios de ciencias, la ZINB mejoró el ajuste por nacimiento (Vuong z = 2.65; p = 0.004), aunque su componente de inflación mostró separación casi completa, y, por afiliación, obtuvo el menor AIC (207.2), con un componente de ceros estructurales explicado por la escasa producción científica ($\gamma_1 = -1.86$; p = 0.003) (Tabla 4).

Tabla 4
Comparación de modelos de conteo para el modelo principal M3 (chocolate + ln PIB + I+D + matrícula terciaria)

Desenlace	Modelo	Log-verosimilitud	k	AIC	BIC	RTI chocolate (IC 95%)	p
Todos (nacimiento)	Poisson	-408.3	5	826.6	840.9	1.23 (1.14–1.32)	< 0.001
	Binomial negativa	-225.3	6	462.6	479.8	1.11 (0.89–1.38)	0.347
	ZIP	-366.8	7	747.5	767.5	1.15 (1.07–1.23)	< 0.001
	ZINB	-225.3	8	466.6	489.5	1.11 (0.89–1.38)	0.347
	Hurdle (logit + BN truncada)	-214.6	12	453.2 *	487.5	1.02 (0.78–1.32)	0.908
	Diagnóstico	χ^2/gl Poisson = 6.25		α (BN) = 0.78		Vuong ZINB vs BN: z = 0.00	0.501
Ciencias (nacimiento)	Poisson	-292.1	5	594.2	608.5	1.16 (1.06–1.26)	0.001
	Binomial negativa	-170.6	6	353.2	370.3	1.09 (0.84–1.41)	0.520
	ZIP	-261.2	7	536.4	556.4	1.08 (0.99–1.18)	0.075
	ZINB	-167.1	8	350.1	373.0	1.11 (0.85–1.45)	0.448
	Hurdle (logit + BN truncada)	-163.0	12	350.0 *	384.3	0.98 (0.72–1.32)	0.882
	Diagnóstico	χ^2/gl Poisson = 4.66		α (BN) = 0.94		Vuong ZINB vs BN: z = 2.65	0.004
Ciencias (afiliación)	Poisson	-200.6	5	411.1	425.4	1.27 (1.16–1.38)	< 0.001
	Binomial negativa	-100.7	6	213.4	230.5	1.15 (0.85–1.55)	0.379

Desenlace	Modelo	Log-verosimilitud	k	AIC	BIC	RTI chocolate (IC 95%)	p
	ZIP	-156.4	7	326.8	346.9	1.15 (1.06–1.26)	< 0.001
	ZINB	-95.6	8	207.2 *	230.0	1.09 (0.86–1.37)	0.465
	Hurdle (logit + BN truncada)	-94.0	12	211.9	246.2	1.06 (0.83–1.36)	0.640
	Diagnóstico	χ^2/gl Poisson = 2.72		α (BN) = 0.98		Vuong ZINB vs BN: z = 1.28	0.101

Nota: RTI = razón de tasas de incidencia por 1 kg/hab/año de cacao; en el modelo hurdle corresponde a la parte de conteo. * menor AIC. (—) IC no estimable por inestabilidad de la matriz de información. Todos los modelos incluyen offset ln(población/10^7); la inflación de ceros se modeló con ln publicaciones por millón. Fuente: elaboración propia.

En todas las familias con varianza adecuada, la asociación del chocolate se atenuó drásticamente al introducir el PIB. En el modelo principal M3, la RTI por kg/hab/año fue de 1.11 (IC 95%: 0.89–1.38) en la BN para todos los premios, 1.11 (0.85–1.45) en la ZINB para ciencias por nacimiento y 1.09 (0.86–1.37) en la ZINB para ciencias por afiliación, sin significación estadística (Tabla 5; Fig. 3). Por el contrario, el PIB per cápita histórico fue el predictor más fuerte en todos los desenlaces (RTI por unidad logarítmica entre 2.63 y 30.27; p ≤ 0.005) y la I+D se asoció de forma independiente con más laureados (RTI 1.57–2.83 por punto porcentual del PIB; p ≤ 0.042). Al añadir las publicaciones (M5), estas fueron también un predictor robusto (RTI 1.92, 3.67 y 5.25; p ≤ 0.004) y la RTI del chocolate se aproximó aún más a la unidad (1.02–1.10). En la parte logística del modelo *hurdle*, el chocolate no predijo la probabilidad de tener algún laureado por nacimiento (OR = 1.11; IC 95%: 0.68–1.81), aunque mostró una tendencia no significativa para la afiliación en ciencias (OR = 2.07; 0.95–4.51; p = 0.067), en un componente con solo 26 países positivos.

Tabla 5

Razones de tasas de incidencia (IC 95%) del modelo principal M3 según desenlace y familia de modelo

Predictor	Todos (nac.) BN	Todos (nac.) ZINB	Ciencias (nac.) BN	Ciencias (nac.) ZINB	Ciencias (afil.) BN	Ciencias (afil.) ZINB
Chocolate (kg/hab/año)	1.11 (0.89–1.38)	1.11 (0.89–1.38)	1.09 (0.84–1.41)	1.11 (0.85–1.45)	1.15 (0.85–1.55)	1.09 (0.86–1.37)
ln PIB per cápita	2.63 (1.56–4.42)†	2.63 (1.56–4.42)†	3.64 (1.84–7.22)†	2.95 (1.39–6.26)†	11.64 (4.53–29.95)†	30.27 (10.94–83.77)†
I+D (% PIB)	1.59 (1.13–2.25)†	1.59 (1.13–2.25)†	1.68 (1.10–2.58)†	1.78 (1.14–2.78)†	2.83 (1.64–4.87)†	1.57 (1.02–2.42)†
Matrícula terciaria (por 10 pp)	1.21 (1.02–1.44)†	1.21 (1.02–1.44)†	1.24 (1.01–1.53)†	1.20 (0.97–1.48)	1.05 (0.80–1.40)	0.79 (0.62–1.02)
Inflación: ln publicaciones (γ_1)	—	Colapsa en BN	—	Separación casi completa	—	-1.86 (p = 0.003)
α (dispersión)	0.78	—	0.94	—	0.98	—
Hurdle, parte logística: OR chocolate	1.11 (0.68–1.81)	p = 0.685	1.24 (0.69–2.22)	p = 0.468	2.07 (0.95–4.51)	p = 0.067

Nota: † p < 0.05. ln PIB per cápita centrado en 9 (≈ USD 8100); la RTI expresa el cambio por unidad logarítmica (≈ 2.7 veces el PIB). "Colapsa en BN": la probabilidad de cero estructural convergió a 0 y la ZINB se redujo a la BN. "Separación casi completa": γ_1 divergió (los ceros estructurales se concentran en los países con menor producción científica), por lo que no tiene error estándar finito. OR = odds ratio de tener al menos un laureado. Fuente: elaboración propia.

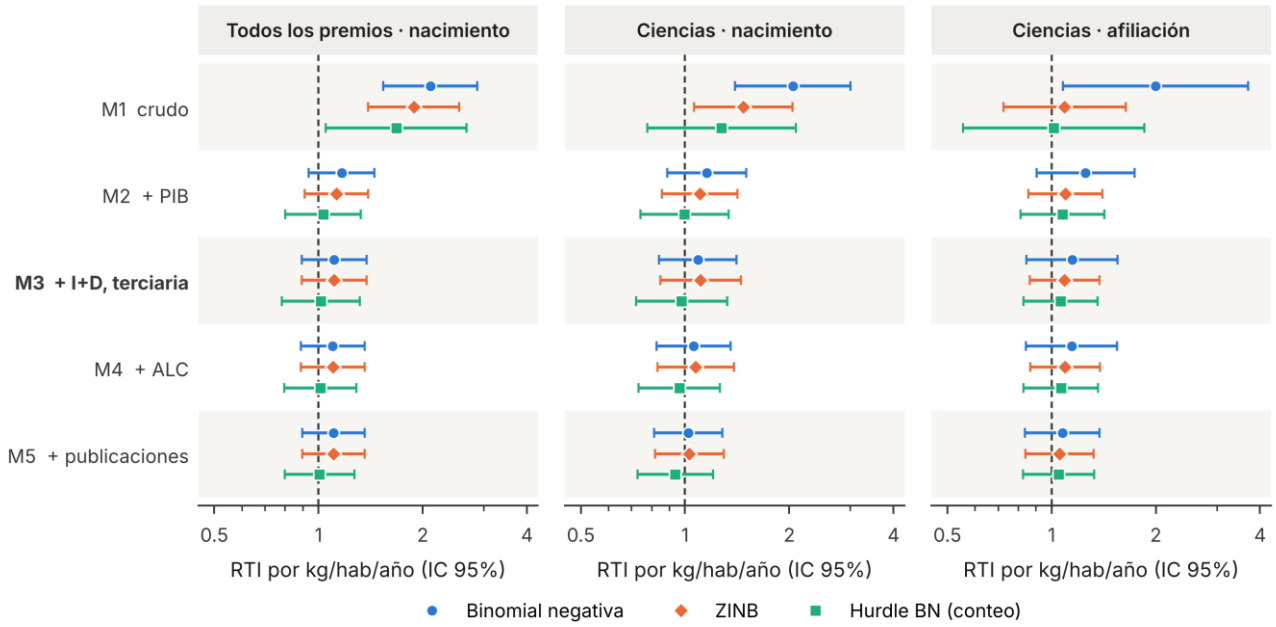


Fig. 3 Razón de tasas de incidencia (RTI, escala logarítmica) del consumo de cacao en especificaciones anidadas (M1–M5) y tres familias de modelos de conteo para los tres desenlaces. La línea discontinua marca RTI = 1 (sin asociación). Fuente: elaboración propia.

3.4. Sensibilidad y control de falsificación

La ausencia de asociación ajustada fue estable al excluir a Suecia y Suiza, a Estados Unidos y Reino Unido, al usar el PIB de 1990–2022 y al incluir países de cualquier tamaño (RTI entre 0.95 y 1.21; todos los IC incluyeron 1). La única señal residual apareció al excluir a los países productores de cacao y a los cuatro centros europeos de procesamiento y reexportación (19 países en total), donde la BN para ciencias por afiliación arrojó una RTI de 1.54 (1.02–2.32; p = 0.041), que no se confirmó en la ZINB (1.25; 0.84–1.86). El control de falsificación resultó informativo: el suministro de leche mantuvo una asociación ajustada significativa con todos los premios (RTI = 1.010 por kg; IC 95%: 1.006–1.014; equivalente a 2.7 veces por cada 100 kg/hab/año) que persistió incluso tras añadir un indicador de Europa (1.005; 1.002–1.009; p = 0.004), mientras que el chocolate no lo hizo (1.10; 0.93–1.31; p = 0.25). El indicador de Europa, por sí mismo, multiplicó por 4.7 la tasa esperada de laureados (Tabla 6).

Tabla 6
Análisis de sensibilidad y control de falsificación: RTI (IC 95%) del chocolate en el modelo M3

Escenario	n	Todos (nac.) BN	Todos (nac.) ZINB	Ciencias (afil.) BN	Ciencias (afil.) ZINB
Base	129	1.11 (0.89–1.38)	1.11 (0.89–1.38)	1.15 (0.85–1.55)	1.09 (0.86–1.37)
Excl. productores y hubs	110	1.28 (0.96–1.70)	1.28 (0.97–1.71)	1.54 (1.02–2.32)	1.25 (0.84–1.86)
Excl. Suecia y Suiza	127	1.14 (0.92–1.42)	1.14 (0.92–1.42)	1.21 (0.88–1.67)	1.12 (0.88–1.43)
Excl. EE. UU. y Reino Unido	127	1.08 (0.86–1.36)	1.08 (0.86–1.36)	1.00 (0.73–1.36)	0.95 (0.76–1.19)
PIB 1990-2022	129	1.13 (0.91–1.41)	1.13 (0.91–1.41)	1.17 (0.85–1.62)	1.10 (0.86–1.42)
Todas las poblaciones	136	1.17 (0.95–1.43)	1.17 (0.95–1.43)	1.12 (0.83–1.49)	1.04 (0.84–1.30)
+ indicador Europa (chocolate)	129	1.10 (0.93–1.31)	—	1.19 (0.96–1.46)	1.14 (0.94–1.39)
Falsificación: leche en lugar de chocolate (por kg)	121	1.010 (1.006–1.014)	1.010 (1.007–1.014)	—	—
Falsificación: leche + indicador Europa (por kg)	121	1.005 (1.002–1.009)	1.005 (1.002–1.009)	1.004 (0.999–1.010)	1.003 (0.998–1.009)

Nota: "Excl. productores y hubs" excluye a productores de cacao y a Bélgica, Países Bajos, Suiza y Alemania (reexportadores). En las filas de falsificación la RTI corresponde a la leche (por kg/hab/año). (—) no estimable o no aplicable. Fuente: elaboración propia.

3.5. América Latina y el Caribe: atribución por nacimiento y afiliación

Entre 1901 y 2025, 21 laureados nacieron en ALC: ocho en Literatura, siete en Paz, cinco en ciencias y uno en Economía (Tabla 7; Fig. 4A). De los cinco científicos, solo Bernardo Houssay recibió el premio trabajando en su país de nacimiento; César Milstein (Reino Unido), Baruj Benacerraf y Mario Molina (Estados Unidos) y Peter Medawar (Reino Unido) fueron premiados en el extranjero. El único otro premio científico con afiliación latinoamericana, el de Luis F. Leloir (Argentina, 1970), corresponde a un investigador nacido en Francia. Tras el ajuste multivariado, pertenecer a ALC se asoció con una tasa de laureados en ciencias por nacimiento un 81% menor que la esperada según su riqueza, I+D y educación (RTI = 0.19; IC 95%: 0.05–0.63; p = 0.007), mientras que para todos los premios la diferencia no fue significativa (RTI = 0.61; 0.26–1.42). A escala global, Estados Unidos concentró 320 premios científicos

por afiliación frente a 217 por nacimiento (saldo neto de +103), mientras que Polonia, Austria, Hungría y China registraron los mayores saldos negativos (Fig. 4B).

Tabla 7
Laureados Nobel nacidos en América Latina y el Caribe (1901–2025) y país de afiliación al recibir el premio

Laureado	Año	Categoría	País de nacimiento	Afiliación al recibir el premio
Luis F. Leloir*	1970	Química	Francia	Argentina
Mario J. Molina	1995	Química	México	Estados Unidos
Bernardo A. Houssay	1947	Fisiología o Medicina	Argentina	Argentina
Peter B. Medawar	1960	Fisiología o Medicina	Brasil	Reino Unido
Baruj Benacerraf	1980	Fisiología o Medicina	Venezuela	Estados Unidos
César Milstein	1984	Fisiología o Medicina	Argentina	Reino Unido
W. Arthur Lewis	1979	Ciencias Económicas	Santa Lucía	Estados Unidos
Gabriela Mistral	1945	Literatura	Chile	No aplica
Miguel Ángel Asturias	1967	Literatura	Guatemala	No aplica
Pablo Neruda	1971	Literatura	Chile	No aplica
Gabriel García Márquez	1982	Literatura	Colombia	No aplica
Octavio Paz	1990	Literatura	México	No aplica
Derek Walcott	1992	Literatura	Santa Lucía	No aplica
V. S. Naipaul	2001	Literatura	Trinidad y Tobago	No aplica
Mario Vargas Llosa	2010	Literatura	Perú	No aplica
Carlos Saavedra Lamas	1936	Paz	Argentina	No aplica
Adolfo Pérez Esquivel	1980	Paz	Argentina	No aplica
Alfonso García Robles	1982	Paz	México	No aplica
Oscar Arias Sánchez	1987	Paz	Costa Rica	No aplica
Rigoberta Menchú Tum	1992	Paz	Guatemala	No aplica
Juan Manuel Santos	2016	Paz	Colombia	No aplica
María Corina Machado	2025	Paz	Venezuela	No aplica

Nota: * incluido como referencia; nacido en París y nacionalizado argentino, no se contabiliza como nacido en ALC. "No aplica": categorías sin afiliación institucional. Fuente: elaboración propia con datos de Nobel Prize Outreach (2025).

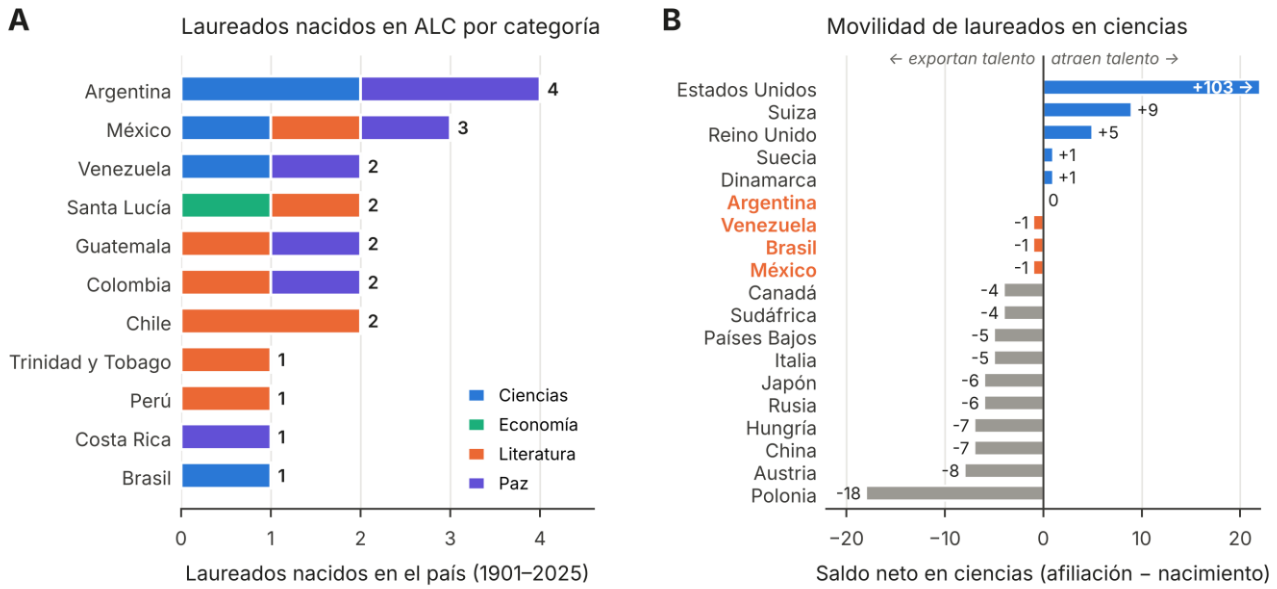


Fig. 4 (A) Laureados Nobel nacidos en América Latina y el Caribe según país y categoría del premio (1901–2025). (B) Saldo neto de laureados en ciencias (premios por país de afiliación menos premios por país de nacimiento) en países seleccionados; en naranja, los países latinoamericanos. La barra de Estados Unidos está truncada (+103). Fuente: elaboración propia con datos de Nobel Prize Outreach (2025).

3.6. Contraste con las replicaciones previas

La Tabla 8 sitúa estos resultados frente a los principales estudios que analizaron la hipótesis chocolate–Nobel. La correlación original solo se observó con cifras industriales en una muestra seleccionada; las críticas posteriores la reprodujeron con otras variables de prosperidad, y los análisis multivariados coinciden en que la actividad científica y la riqueza son los predictores dominantes. El presente estudio es el primero, hasta donde se conoce, que combina una exposición armonizada, una muestra que incluye a ALC, la desagregación por nacimiento y afiliación y modelos de conteo con exceso de ceros.

Tabla 8

Contraste entre el presente estudio y los principales análisis previos de la hipótesis chocolate–Nobel

Estudio	Muestra	Medida de exposición	Controles	Método	Hallazgo principal
Messerli (2012)	23 países, mayoritariamente ricos y con laureados	Ventas de chocolate según fuentes industriales, años distintos (2002–2011)	Ninguno	Correlación de Pearson	$r = 0.791$ ($p < 0.0001$); hipótesis de los flavanoles
Maurage et al. (2013)	Países del estudio original	Chocolate y otros alimentos ricos en flavanoles	Alimentos alternativos	Correlaciones comparadas	La explicación por flavanoles se debilita; riesgo de sobreinterpretación
Linthwaite & Fuller (2013); Dunstan (2013)	Muestras similares	Consumo de leche	—	Correlación; crítica metodológica	Correlación análoga con la leche; diseño ecológico y desfase temporal
Li (2013)	Comparación transnacional	Chocolate y leche	PIB per cápita	Correlación	La riqueza es la causa común plausible
Doi et al. (2014)	220 países	Hábitos dietéticos y factores económicos	Publicaciones, I+D, PIB	Partición jerárquica	Publicaciones e I+D predicen mejor que la dieta
Prinz (2020)	70 países	Consumo de chocolate	PIB, I+D, publicaciones, café, tabaco, alcohol	Selección de Heckman en dos etapas	Asociación residual positiva tras ajuste; sin interpretación causal
Presente estudio	129 países (19 de ALC); 991 premios, 1901–2025	Cacao disponible, FAOSTAT armonizado (2015–2022)	PIB histórico 1960–2022, I+D, matrícula terciaria, publicaciones, ALC, Europa	Correlación parcial; Poisson, BN, ZIP, ZINB, hurdle	Sin réplica con datos armonizados ($r = 0.19$); RTI ajustada 1.09–1.15 (IC incluye 1); residuos inestables, comparables a la leche

Fuente: elaboración propia a partir de los estudios citados.

4. Discusión

La respuesta a la pregunta de investigación es clara: con datos actualizados a 2025, una muestra ampliada que incluye a América Latina y modelos adecuados a la naturaleza de la variable respuesta, el consumo de chocolate no se asocia de manera independiente con la producción de laureados Nobel. La correlación cruda existe en la muestra ampliada, pero es más débil que la original y desaparece en cuanto se ajusta por la riqueza histórica de los países. Este patrón es el que predice el grafo causal de la Fig. 1, en el que el PIB actúa como causa común del consumo de un bien de lujo y de la infraestructura científica (Li, 2013), y concuerda con la conclusión de Doi et al. (2014) de que la actividad científica predice los premios mejor que la dieta.

Un primer hallazgo relevante es que la correlación de Messerli (2012) no se reproduce cuando la exposición se mide con una fuente armonizada. En los mismos 23 países, el coeficiente cae de 0.791 a 0.19. Esta discrepancia confirma las advertencias sobre la debilidad de los datos de consumo: las cifras industriales empleadas en 2012 procedían de años y fuentes distintas (Apgar & Tarka, 2019; Del Prete & Samoggia, 2020), mientras que el balance de FAOSTAT mide disponibilidad aparente y distorsiona a los países procesadores y reexportadores, como Suiza, Bélgica o los Países Bajos, y a los productores, como Côte d'Ivoire. Que la magnitud de la correlación dependa tanto de la fuente elegida es, en sí mismo, un indicio de fragilidad: una relación causal robusta no debería desaparecer al cambiar un indicador de exposición por otro razonable.

El segundo hallazgo concierne a la elección del modelo. La correlación de Pearson trata como continua y normal una variable que es un conteo con un 46–80% de ceros. Los modelos de Poisson y ZIP, que ignoran la sobredispersión, atribuyeron significación al chocolate incluso tras el ajuste, un error que habría conducido a una falsa confirmación. Una vez modelada la sobredispersión mediante la BN, la ZINB o el modelo *hurdle*, la asociación se volvió nula. La ZINB aportó además una lectura sustantiva: el exceso de ceros en los premios de ciencias por afiliación está gobernado por la escasez de producción científica, lo que coincide con la ecuación de selección de Prinz (2020), en la que el volumen de publicaciones discrimina qué países entran en el mapa Nobel. Para todos los premios, en cambio, el componente de inflación fue innecesario, porque la Literatura y la Paz distribuyen laureados en países sin sistemas científicos consolidados.

Los resultados matizan, sin contradecirlo del todo, el hallazgo de Prinz (2020) sobre una asociación residual. En nuestro análisis aparecieron dos señales de ese tipo: una RTI significativa en la BN tras excluir productores y reexportadores, y una tendencia en la parte logística del modelo *hurdle* para la afiliación en ciencias. Ninguna fue consistente entre familias de modelos y ambas surgieron en subconjuntos con pocos países positivos. La prueba de falsificación permite interpretarlas: la leche, una variable sin plausibilidad biológica para la excelencia científica, conservó una asociación ajustada más fuerte que la del chocolate, incluso tras controlar por Europa. Esto indica que los modelos ecológicos con unas pocas covariables macroeconómicas dejan confusión residual de tipo geocultural, relacionada con la tradición académica del norte de Europa, la estabilidad institucional y la dieta láctea. Cualquier residuo del chocolate debe leerse, por tanto, como heterogeneidad no observada y no como efecto de los flavanoles, tal como ya habían advertido Maurage et al. (2013) y Pollet et al. (2014).

La plausibilidad biológica tampoco respalda la hipótesis. Si 500 mg diarios de flavanoles purificados durante tres años no mejoraron la cognición global de 2262 adultos (Baker et al., 2023; Vyas et al., 2024), resulta inverosímil que el consumo poblacional de chocolate comercial, con bajo contenido de flavanoles y medido décadas después de la formación de los laureados, explique diferencias nacionales en la producción de premios. Los efectos agudos o específicos de dominio descritos

en ensayos pequeños y metaanálisis (Brickman et al., 2014, 2023; Cheng et al., 2022; Arabpour et al., 2026) operan en escalas individuales que no pueden trasladarse a un agregado nacional sin incurrir en la falacia ecológica (Robinson, 1950; Loney & Nagelkerke, 2014; Szromek, 2026).

La inclusión de América Latina aporta la contribución más original. La región no se diferencia del resto del mundo en consumo aparente de cacao ni en PIB per cápita histórico, pero invierte la mitad en I+D y produce menos ciencia per cápita. Sus laureados se concentran en Literatura y Paz, y en ciencias presenta una tasa un 81% menor que la esperada por sus covariables. La desagregación por afiliación muestra el mecanismo: cuatro de los cinco científicos latinoamericanos fueron premiados en el Reino Unido o Estados Unidos, lo que reproduce a escala regional la concentración del trabajo premiado en unos pocos sistemas científicos descrita por Schlagberger et al. (2016) y Heinze et al. (2020). Ecuador y Perú, grandes productores de cacao fino, registran una disponibilidad de cacao baja o moderada y ningún premio científico, y Brasil solo cuenta con Medawar, nacido allí pero formado y premiado en el Reino Unido; es el contraejemplo natural que la literatura señalaba como ausente (Rizzuto et al., 2017; Cortés & Andrade, 2022). Para la política científica regional, la implicación es directa: lo que distingue a los países con laureados no es la dieta, sino la inversión sostenida en investigación, la capacidad de retener talento y la densidad de su producción científica.

Este estudio tiene limitaciones. Primero, como todo diseño ecológico, no permite inferencias individuales ni causales y su potencia es limitada por el número de países, en especial en los modelos con pocos conteos positivos. Segundo, la exposición de FAOSTAT es contemporánea (2015–2022), mientras que los premios abarcan más de un siglo; no se dispuso de series armonizadas de consumo de chocolate anteriores a 2010, por lo que el desfase temporal señalado por Dunstan (2013) solo se corrigió en las covariables. Tercero, la medida de disponibilidad aparente sobrestima o subestima el consumo real en países productores y reexportadores, lo cual se abordó parcialmente mediante el análisis de sensibilidad. Cuarto, la atribución por país de nacimiento según fronteras actuales y por primera afiliación declarada simplifica trayectorias complejas, y no se codificó el país de formación doctoral. Quinto, las covariables de I+D y matrícula tienen series incompletas para algunos países y periodos, lo que obligó a usar promedios de cortes disponibles. Finalmente, la presencia de confusión residual demostrada por el control de leche implica que ningún modelo ecológico de pocas variables puede excluir por completo la heterogeneidad no observada.

5. Conclusiones

Con datos actualizados a 2025 y una muestra de 129 países que incluye a 19 de América Latina y el Caribe, la correlación entre consumo de chocolate y laureados Nobel no se reproduce con una medida de exposición armonizada y desaparece al ajustar por la riqueza histórica. Los modelos de binomial negativa, binomial negativa inflada por ceros y *hurdle* coinciden en que el PIB per cápita, el gasto en I+D y la producción científica, y no el chocolate, explican la distribución de los premios. Las señales residuales del chocolate son inestables y de magnitud comparable o menor que las de un control de falsificación como la leche, lo que apunta a confusión geocultural y no a un efecto biológico. En América Latina, el rezago en premios científicos se asocia con una baja inversión en I+D y con la emigración de sus científicos más destacados. Como líneas futuras se proponen: (a) modelos de panel con desfase temporal que relacionen series históricas de consumo, PIB e I+D con premios posteriores; (b) la codificación del país de formación doctoral y de trabajo premiado para cuantificar la fuga de cerebros; (c) modelos de ecuaciones estructurales que estimen simultáneamente las rutas riqueza → I+D → premios y riqueza → consumo de bienes de lujo, y (d) la validación cruzada de las medidas de consumo de cacao con encuestas de hogares en países latinoamericanos productores, como Ecuador.

Agradecimientos

La autora agradece a la Universidad Estatal Amazónica por el apoyo institucional y a los equipos de FAOSTAT, UNESCO-UIS, el Banco Mundial, el Maddison Project y Our World in Data por mantener datos abiertos que hicieron posible esta replicación.

Contribución de los autores: S. L. R. R.: Conceptualización, curación de datos, metodología, análisis formal, visualización, redacción—borrador original, redacción—revisión y edición. La autora ha leído y aprobado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Los autores no recibieron apoyo financiero para la investigación, redacción y/o publicación de este artículo.

Conflictos de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Declaración de uso de inteligencia artificial: Se utilizó Claude (Anthropic; modelo claude-opus-5-5, 2026) como asistente para la recopilación de datos abiertos, la programación de los análisis estadísticos en Python, la elaboración de figuras y la redacción del borrador del manuscrito. La autora revisó, verificó y asume la responsabilidad plena sobre el contenido, los datos, los análisis y las conclusiones.

Referencias

Apgar, J., & Tarka, S. (2019). Methylxanthine composition and consumption patterns of cocoa and chocolate products. En G. A. Spiller (Ed.), *Caffeine*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780429126789-7

Arabpour, Z., Arabpour, Z., & Jazayeri, S. (2026). Effect of chronic dark chocolate or cocoa intake on cognitive function: A GRADE-assessed systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews*. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaf286

Baker, L. D., Manson, J. E., Rapp, S. R., Sesso, H. D., Gaussoin, S. A., Shumaker, S. A., & Espeland, M. A. (2023). Effects of cocoa extract and a multivitamin on cognitive function: A randomized clinical trial. *Alzheimer's & Dementia, 19*(4), 1308–1319. https://doi.org/10.1002/alz.12767

Banco Mundial. (2025). *Scientific and technical journal articles (IP.JRN.ARTC.SC)* [Conjunto de datos]. World Development Indicators. https://ourworldindata.org/grapher/scientific-and-technical-journal-articles

Bolt, J., & van Zanden, J. L. (2024). Maddison-style estimates of the evolution of the world economy: A new 2023 update. *Journal of Economic Surveys*. https://doi.org/10.1111/joes.12618

Brickman, A. M., Khan, U. A., Provenzano, F. A., Yeung, L.-K., Suzuki, W., Schroeter, H., Wall, M., Sloan, R. P., & Small, S. A. (2014). Enhancing dentate gyrus function with dietary flavanols improves cognition in older adults. *Nature Neuroscience, 17*(12), 1798–1803. https://doi.org/10.1038/nn.3850

Brickman, A. M., Yeung, L.-K., Alschuler, D. M., Ottaviani, J. I., Kuhnle, G. G. C., Sloan, R. P., Luttmann-Gibson, H., Copeland, T., Schroeter, H., Sesso, H. D., Manson, J. E., Wall, M., & Small, S. A. (2023). Dietary flavanols restore hippocampal-dependent memory in older adults with lower diet quality and lower habitual flavanol consumption. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 120*(23), e2216932120. https://doi.org/10.1073/pnas.2216932120

Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2013). *Regression analysis of count data* (2.ª ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139013567

Cheng, N., Bell, L., Lamport, D. J., & Williams, C. M. (2022). Dietary flavonoids and human cognition: A meta-analysis. *Molecular Nutrition & Food Research, 66*, e2100976. https://doi.org/10.1002/mnfr.202100976

Cortés, J. D., & Andrade, D. A. (2022). The Colombian scientific elite—Science mapping and a comparison with Nobel Prize laureates using a composite citation indicator. *PLoS ONE, 17*(6), e0269116. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269116

Del Prete, M., & Samoggia, A. (2020). Chocolate consumption and purchasing behaviour review: Research issues and insights for future research. *Sustainability, 12*(14), 5586. https://doi.org/10.3390/su12145586

Desideri, G., Kwik-Uribe, C., Grassi, D., Necozione, S., Ghiadoni, L., Mastroiacovo, D., Raffaele, A., Ferri, L., Bocale, R., Lechiara, M. C., Marini, C., & Ferri, C. (2012). Benefits in cognitive function, blood pressure, and insulin resistance through cocoa flavanol consumption in elderly subjects with mild cognitive impairment: The Cocoa, Cognition, and Aging (CoCoA) Study. *Hypertension, 60*(3), 794–801. https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.193060

Doi, H., Heeren, A., & Maurage, P. (2014). Scientific activity is a better predictor of Nobel award chances than dietary habits and economic factors. *PLoS ONE, 9*(3), e92612. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092612

Dunstan, F. (2013). Nobel prizes, chocolate and milk: The statistical view. *Practical Neurology, 13*(3), 206–207. https://doi.org/10.1136/practneurol-2013-000588

FAO. (2025). *FAOSTAT: Food balances (2010–)* [Conjunto de datos]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS

Heckman, J. J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica, 47*(1), 153–161. https://doi.org/10.2307/1912352

Heinze, T., & Fuchs, J. E. (2022). National and organizational patterns of Nobel laureate careers in physiology/medicine, physics, and chemistry. *Scientometrics, 127*, 7273–7288. https://doi.org/10.1007/s11192-021-04250-0

Heinze, T., von der Heyden, M., & Pithan, D. (2020). Institutional environments and breakthroughs in science. Comparison of France, Germany, the United Kingdom, and the United States. *PLoS ONE, 15*(9), e0239805. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239805

Lambert, D. (1992). Zero-inflated Poisson regression, with an application to defects in manufacturing. *Technometrics, 34*(1), 1–14. https://doi.org/10.2307/1269547

Li, J. (2013). Economy and Nobel prizes: Cause behind chocolate and milk? *Practical Neurology, 14*(1), e1. https://doi.org/10.1136/practneurol-2013-000545

Li, Q.-F. (2025). Assessing and adjusting for bias in ecological analysis using multiple sample datasets. *BMC Medical Research Methodology, 25*. https://doi.org/10.1186/s12874-025-02552-y

Linthwaite, S., & Fuller, G. N. (2013). Milk, chocolate and Nobel prizes. *Practical Neurology, 13*(1), 63. https://doi.org/10.1136/practneurol-2012-000471

Loney, T., & Nagelkerke, N. J. (2014). The individualistic fallacy, ecological studies and instrumental variables: A causal interpretation. *Emerging Themes in Epidemiology, 11*, 18. https://doi.org/10.1186/1742-7622-11-18

Mastroiacovo, D., Kwik-Uribe, C., Grassi, D., Necozione, S., Raffaele, A., Pistacchio, L., Righetti, R., Bocale, R., Lechiara, M. C., Marini, C., Ferri, C., & Desideri, G. (2015). Cocoa flavanol consumption improves cognitive function, blood pressure control, and metabolic profile in elderly subjects: The Cocoa, Cognition, and Aging (CoCoA) Study—A randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition, 101*(3), 538–548. https://doi.org/10.3945/ajcn.114.092189

Maurage, P., Heeren, A., & Pesenti, M. (2013). Does chocolate consumption really boost Nobel award chances? The peril of over-interpreting correlations in health studies. *The Journal of Nutrition, 143*(6), 931–933. https://doi.org/10.3945/jn.113.174813

McClintock, S., Stangl, D., & Çetinkaya-Rundel, M. (2014). Taking a chance in the classroom: The real secret to genius? Reading between the lines. *CHANCE, 27*(1), 41–44. https://doi.org/10.1080/09332480.2014.890869

Messerli, F. H. (2012). Chocolate consumption, cognitive function, and Nobel laureates. *The New England Journal of Medicine, 367*(16), 1562–1564. https://doi.org/10.1056/NEJMon1211064

Mullahy, J. (1986). Specification and testing of some modified count data models. *Journal of Econometrics, 33*(3), 341–365. https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90002-3

Nobel Prize Outreach. (2025). *All Nobel Prizes* [Base de datos]. NobelPrize.org. https://www.nobelprize.org/prizes/lists/all-nobel-prizes/

Our World in Data. (2025a). *Cocoa bean consumption per person* [Conjunto de datos, a partir de FAOSTAT]. https://ourworldindata.org/grapher/chocolate-consumption-per-person

Our World in Data. (2025b). *Research & development spending as a share of GDP* [Conjunto de datos, a partir de UNESCO-UIS y Banco Mundial]. https://ourworldindata.org/grapher/research-spending-gdp

Our World in Data. (2025c). *Gross enrollment ratio in tertiary education* [Conjunto de datos, a partir de UNESCO-UIS]. https://ourworldindata.org/grapher/gross-enrollment-ratio-in-tertiary-education

Pietrucha, J. (2018). Country-specific determinants of world university rankings. *Scientometrics, 114*, 1129–1139. https://doi.org/10.1007/s11192-017-2634-1

Pollet, T. V., Tybur, J. M., Frankenhuis, W. E., & Rickard, I. J. (2014). What can cross-cultural correlations teach us about human nature? *Human Nature, 25*(3), 410–429. https://doi.org/10.1007/s12110-014-9206-3

Prinz, A. (2020). *Chocolate consumption and Noble laureates* [Documento de trabajo]. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.3562373

rfordatascience. (2019). *Nobel Prize winners* [Conjunto de datos, TidyTuesday 2019-05-14]. GitHub. https://github.com/rfordatascience/tidytuesday/tree/master/data/2019/2019-05-14

Rizzuto, L., Anido, J. D., & Azuaje, R. (2017). *El consumo de cacao en Venezuela y en el mundo desde una perspectiva sostenible (1960–2014)* (pp. 23–49).

Robinson, W. S. (1950). Ecological correlations and the behavior of individuals. *American Sociological Review, 15*(3), 351–357. https://doi.org/10.2307/2087176

Rodríguez-Navarro, A., & Brito, R. (2022). The link between countries' economic and scientific wealth has a complex dependence on technological activity and research policy. *Scientometrics, 127*, 2871–2896. https://doi.org/10.1007/s11192-022-04313-w

Schlagberger, E. M., Bornmann, L., & Bauer, J. (2016). At what institutions did Nobel laureates do their prize-winning work? An analysis of biographical information on Nobel laureates from 1994 to 2014. *Scientometrics, 109*, 723–767. https://doi.org/10.1007/s11192-016-2059-2

Seabold, S., & Perktold, J. (2010). Statsmodels: Econometric and statistical modeling with Python. En *Proceedings of the 9th Python in Science Conference* (pp. 92–96). https://doi.org/10.25080/Majora-92bf1922-011

Szromek, A. (2026). Cross-level inference errors in scientific interpretation—From ecological correlation to the control of inference and communication levels. *Publications, 14*, 41. https://doi.org/10.3390/publications14030041

Vuong, Q. H. (1989). Likelihood ratio tests for model selection and non-nested hypotheses. *Econometrica, 57*(2), 307–333. https://doi.org/10.2307/1912557

Vyas, C. M., Manson, J. E., Sesso, H. D., Rist, P. M., Weinberg, A., Kim, E., Moorthy, M. V., Cook, N. R., & Okereke, O. I. (2024). Effect of cocoa extract supplementation on cognitive function: Results from the clinic subcohort of the COSMOS trial. *The American Journal of Clinical Nutrition, 119*(1), 39–48. https://doi.org/10.1016/j.ajcnut.2023.10.031



© 2026. The Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

HORIZONTES AMAZÓNICOS

PastazaUnida & Solidaria

Feminicidio y representación mediática: análisis crítico del discurso del caso de Ximena Calvache en la provincia de Pastaza, Ecuador

Femicide and Media Representation: A Critical Discourse Analysis of the Ximena Calvache Case in Pastaza Province, Ecuador

Estudio de Caso

Carla Daniela Guevara Inga[a]

[a]*FLACSO, Quito, Ecuador*

Resumen. Esta investigación analiza críticamente el tratamiento mediático del feminicidio de Ximena Calvache, ocurrido en la provincia de Pastaza, Ecuador, con énfasis en las narrativas construidas por el medio digital Portada TV y su incidencia en la comprensión social de la violencia de género. El objetivo general fue examinar el tratamiento mediático de este caso, identificando las narrativas predominantes y su impacto en la percepción social y en las respuestas institucionales frente al feminicidio. A través de un enfoque cualitativo basado en el análisis crítico del discurso (ACD) y sustentado en un marco teórico feminista, se examinaron las representaciones de la víctima y del agresor, la construcción mediática de los hechos, el grado de cumplimiento de la Ley Orgánica Integral para Prevenir y Erradicar la Violencia contra las Mujeres (LOIPEVCM), y los efectos de dicha cobertura en la opinión pública. La unidad de análisis principal fue una nota informativa publicada por Portada TV, complementada con una entrevista a la abogada que representó a la familia de la víctima. Los resultados evidencian que el tratamiento mediático estuvo marcado por prácticas de revictimización, reproducción de estereotipos sexistas, despersonalización de la víctima, patologización del agresor y un framing del hecho como "crimen pasional", que despolitizó el feminicidio y lo presentó como un suceso aislado, invisibilizando su dimensión estructural y sistémica. Estos hallazgos confirman la persistencia de una violencia simbólica que se suma a la violencia física sufrida por la víctima, y evidencian un incumplimiento parcial de la normativa nacional vigente en materia de comunicación con enfoque de género. El estudio concluye con la necesidad urgente de transformar las prácticas periodísticas mediante la incorporación de un enfoque de género y derechos humanos que contribuya a la erradicación de la violencia contra las mujeres en Ecuador.

Palabras clave: Análisis crítico del discurso; feminicidio; medios de comunicación; violencia de género; derechos humanos; Ecuador.

Abstract. This research critically analyzes the media treatment of the femicide of Ximena Calvache, which occurred in Pastaza province, Ecuador, focusing on the narratives constructed by the digital outlet Portada TV and their impact on the social understanding of gender-based violence. The general objective was to examine the media coverage of this case, identifying the predominant narratives and their impact on social perception and institutional responses to femicide. Using a qualitative approach based on critical discourse analysis (CDA) and grounded in a feminist theoretical framework, the study examined the representations of the victim and the aggressor, the media construction of the events, the degree of compliance with the Organic Law to Prevent and Eradicate Violence against Women (LOIPEVCM), and the effects of this coverage on public opinion. The main unit of analysis was a news report published by Portada TV, complemented by an interview with the lawyer who represented the victim's family. The results show that the media treatment was marked by practices of revictimization, the reproduction of sexist stereotypes, the depersonalization of the victim, the pathologization of the aggressor, and a framing of the event as a "crime of passion", which depoliticized the femicide and presented it as an isolated incident, rendering its structural and systemic dimension invisible. These findings confirm the persistence of a symbolic violence that compounds the physical violence suffered by the victim, and reveal partial non-compliance with current national regulations on gender-sensitive communication. The study concludes with the urgent need to transform journalistic practices by incorporating a gender and human rights approach that contributes to the eradication of violence against women in Ecuador.

Keywords: Critical discourse analysis; femicide; media; gender-based violence; human rights; Ecuador.

Check for updates

ID documento: HA-V2-N2-001
Recibido: 26 de abril de 2026; Aceptado: 28 de mayo de 2026; Publicado: 03 de junio de 2026

1. Introducción

El feminicidio constituye la expresión más extrema de la violencia de género y representa, a la vez, un grave problema de salud pública y de derechos humanos en Ecuador. En la provincia de Pastaza, ubicada en la región amazónica del país, el feminicidio de Ximena Calvache puso en evidencia no solo la magnitud de la violencia patriarcal que enfrentan las mujeres en contextos periféricos, sino también el papel que cumplen los medios de comunicación en la (re)construcción social de estos hechos. El presente artículo analiza el tratamiento mediático que el medio digital Portada TV otorgó al caso, evidenciando las narrativas, representaciones y marcos simbólicos empleados para informar sobre el feminicidio. El problema que se aborda es la reproducción mediática de estereotipos de género, la revictimización de la mujer asesinada y la despolitización del feminicidio como hecho social estructural.

La pregunta de investigación que guio este trabajo fue: ¿cómo ha abordado el medio de comunicación Portada TV el feminicidio de Ximena Calvache en la provincia de Pastaza y cuáles son las principales narrativas utilizadas en la cobertura del caso? A partir de esta pregunta, el objetivo general fue analizar el tratamiento mediático del feminicidio de Ximena Calvache, identificando las narrativas predominantes y su impacto social e institucional. Como objetivos específicos se planteó examinar los discursos utilizados en la cobertura del caso, identificar las representaciones de la víctima y del agresor

presentes en la nota informativa, y valorar el grado de cumplimiento de la normativa ecuatoriana vigente en materia de comunicación con enfoque de género, en particular la Ley Orgánica Integral para Prevenir y Erradicar la Violencia contra las Mujeres (LOIPEVCM).

Para abordar estos objetivos, el estudio se sustenta en un marco conceptual feminista que articula los aportes de Bourdieu (1997, 2000) sobre el poder simbólico de los medios y la dominación masculina, las propuestas de Segato (2003, 2018) sobre la pedagogía de la crueldad y las estructuras elementales de la violencia, y los planteamientos de Lagarde (2008) sobre el feminicidio como categoría política y de derechos humanos. A ello se suman los desarrollos teóricos sobre framing y agenda-setting (Entman 2006; McCombs y Shaw 1972), que permiten comprender cómo los medios seleccionan, jerarquizan y enmarcan determinados aspectos de la realidad, y los estudios sobre narrativas mediáticas sexistas y estereotipos de género (Flores 2017; Pineda 2013, 2020; Bernal-Triviño 2019; Jácome 2020). El artículo se organiza de la siguiente manera: la sección de metodología describe el enfoque cualitativo y las técnicas de análisis empleadas; la sección de hallazgos presenta los resultados del análisis crítico del discurso aplicado a la cobertura de Portada TV; la discusión interpreta estos hallazgos a la luz del marco teórico feminista; y, finalmente, las conclusiones recogen los principales aportes y recomendaciones del estudio.

2. Metodología

Esta investigación se desarrolló desde un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo-interpretativo, sustentado en el análisis crítico del discurso (ACD) propuesto por Van Dijk (2016). El ACD permite examinar el lenguaje no como un fenómeno neutral, sino como una práctica social que produce, reproduce y legitima relaciones de poder y desigualdad, en este caso, relaciones de género. El diseño metodológico corresponde a un estudio de caso, centrado en el feminicidio de Ximena Calvache, ocurrido en la provincia de Pastaza, y en el tratamiento que el medio digital Portada TV dio a este hecho.

La unidad de análisis principal fue la nota informativa publicada por Portada TV el 17 de octubre de 2021 bajo el titular "Le juro amor eterno y la mató. Femicidio le asestó 31 puñaladas" (Portada TV 2021), seleccionada por ser la pieza periodística de mayor difusión sobre el caso en medios digitales locales. Esta información se complementó con una entrevista semiestructurada realizada a la abogada Jessica Delgado, quien patrocinó legalmente a la familia de la víctima, lo que permitió contrastar la versión mediática con la perspectiva del proceso judicial y la experiencia de quienes acompañaron a la familia (J. Delgado, comunicación personal, 2025). La selección de la nota y de la entrevista respondió a un muestreo intencional, orientado por la relevancia del caso para la región amazónica y por la disponibilidad de información de primera mano.

Para el procesamiento de la información se realizó una lectura sistemática de la nota periodística, identificando categorías analíticas vinculadas a la construcción de la víctima, la construcción del agresor, los recursos lingüísticos y visuales empleados, el framing predominante y las referencias —explícitas o implícitas— al marco normativo de protección de los derechos de las mujeres. La entrevista fue transcrita y analizada mediante codificación temática, en diálogo con las categorías surgidas del análisis de la nota. En cuanto a los aspectos éticos, se contó con el consentimiento informado de la abogada entrevistada para el uso de su testimonio con fines académicos, se resguardó la identidad de los familiares de la víctima que no forman parte del dominio público, y se evitó la reproducción de imágenes o contenidos que pudieran revictimizar a Ximena Calvache o a su entorno.

3. Presentación de los Hallazgos

La nota publicada por Portada TV (2021) se estructura a partir de un titular marcadamente sensacionalista: "Le juro amor eterno y la mató. Femicidio le asestó 31 puñaladas". Esta construcción discursiva antepone una supuesta declaración de amor del agresor al hecho criminal, estableciendo desde el inicio un vínculo entre afecto y violencia que tiende a justificar o explicar el feminicidio en clave romántica. La descripción detallada del número de puñaladas, recurrente en este tipo de coberturas, opera como un recurso de espectacularización que privilegia el morbo y el impacto emocional sobre la información contextual del hecho.

En cuanto a la construcción de la víctima, la nota presenta a Ximena Calvache de manera fragmentada y despersonalizada: se hace referencia a ella principalmente en su rol relacional (como pareja del agresor), sin profundizar en su trayectoria de vida, su entorno familiar o comunitario, ni en las posibles señales previas de violencia. Esta despersonalización contribuye a que la víctima aparezca como un dato dentro de la nota —el sujeto sobre el que recae la acción— y no como una persona con una historia y una identidad propias, lo que constituye una forma de violencia simbólica que se añade a la violencia física sufrida (Segato 2003).

Respecto a la representación del agresor, la cobertura tiende a explicar su accionar a partir de supuestos estados emocionales —celos, despecho, "amor obsesivo"— que funcionan como atenuantes implícitos de su responsabilidad. Esta narrativa se inscribe en lo que la literatura ha denominado patologización del agresor: el feminicidio se presenta como resultado de un "arrebato" o "trastorno emocional" individual, y no como la expresión extrema de relaciones de poder y control que el agresor ejerce sobre la víctima (Bourdieu 2000; Segato 2018).

El análisis identificó, además, la presencia de estereotipos de género asociados tanto a la víctima como al agresor. La víctima es presentada de forma implícita bajo el estereotipo de la "mujer enamorada" que permanece junto a su pareja pese a los riesgos, mientras que el agresor es retratado bajo el estereotipo del "hombre celoso" cuya violencia sería consecuencia de un amor desbordado. Estos estereotipos, lejos de ser anecdóticos, cumplen una función ideológica: naturalizan la violencia de género al presentarla como parte de las dinámicas "normales" de las relaciones de pareja (Flores 2017; Pineda 2020).

En términos de framing, la nota analizada construye el feminicidio de Ximena Calvache predominantemente como un "crimen pasional", encuadre que individualiza y privatiza el hecho, desvinculándolo de su dimensión estructural como manifestación de la violencia de género. Esta forma de encuadre es coherente con lo señalado por McCombs y Shaw (1972) y Entman (2006) respecto a la capacidad de los medios para definir qué aspectos de un problema se vuelven relevantes en la agenda pública. En el caso analizado no se identificaron referencias explícitas a la Ley Orgánica Integral para Prevenir y

Erradicar la Violencia contra las Mujeres (LOIPEVCM) (Asamblea Nacional del Ecuador 2018), lo que evidencia un incumplimiento del rol que dicha normativa asigna a los medios de comunicación en la prevención y visibilización de la violencia de género.

La entrevista realizada a la abogada Jessica Delgado permitió contrastar estos hallazgos con la experiencia del proceso judicial. Según su testimonio, la cobertura mediática del caso reforzó estereotipos de género antes que contribuir a la sensibilización de la comunidad, y en algunos momentos generó comentarios públicos —especialmente en redes sociales— que cuestionaban el comportamiento de la víctima en lugar de centrarse en la responsabilidad del agresor (J. Delgado, comunicación personal, 2025). Este efecto en la opinión pública es coherente con investigaciones previas sobre el rol de los medios en la reproducción de la violencia simbólica contra las mujeres (Bernal-Triviño 2019; Jácome 2020).

4. Discusión

Los hallazgos de este estudio confirman que el tratamiento mediático del feminicidio de Ximena Calvache constituye una forma de violencia simbólica, en el sentido planteado por Bourdieu (1997, 2000): una violencia ejercida con la complicidad de quienes la padecen y de quienes la observan, en la medida en que las representaciones mediáticas son percibidas como "naturales" o "normales". La despersonalización de la víctima y la patologización del agresor no son elecciones discursivas neutrales, sino mecanismos que reproducen y legitiman las estructuras de dominación de género descritas por Segato (2003, 2018), para quien la violencia contra las mujeres opera como un mensaje dirigido a otros hombres dentro de un orden patriarcal.

Desde la perspectiva del framing y la teoría de la agenda-setting (McCombs y Shaw 1972; Entman 2006), el encuadre del feminicidio como "crimen pasional" cumple una función ideológica precisa: al ubicar el hecho en el ámbito de lo privado y lo emocional, se desplaza la atención pública del carácter estructural y sistémico de la violencia de género hacia una lectura individualizada del caso. Esta operación discursiva dificulta que la audiencia establezca conexiones entre el feminicidio analizado y el contexto más amplio de violencia patriarcal en Ecuador, documentado por estudios como los de Carcedo y Ordóñez (2011) y los informes de la Mesa de Género de la Cooperación Internacional (2023).

Desde una perspectiva metodológica feminista decolonial (Curiel 2014), el análisis de un caso situado en la región amazónica del Ecuador —frecuentemente invisibilizada en los estudios sobre violencia de género centrados en zonas urbanas— posee un importante potencial heurístico. Permite visibilizar cómo las dinámicas de violencia patriarcal y su tratamiento mediático no son exclusivas de los grandes centros urbanos, y cómo la cobertura periodística en medios locales y digitales puede reproducir, e incluso intensificar, los mismos patrones de revictimización identificados en estudios realizados en otros contextos (Guzmán-Hallo, Ponce-Sánchez y Ponce-Sánchez 2019).

Finalmente, los resultados de este estudio dialogan con la noción de feminicidio de Estado planteada por Lagarde (2008), en tanto la ausencia de un tratamiento mediático con enfoque de género —pese a la existencia de un marco normativo como la LOIPEVCM (Asamblea Nacional del Ecuador 2018)— constituye una forma de omisión institucional que trasciende el ámbito judicial y se extiende al ámbito comunicacional. En este sentido, el estudio reivindica el papel de las organizaciones y colectivos feministas, así como de los operadores de justicia con enfoque de género, como actores clave para contrarrestar las narrativas mediáticas que despolitizan el feminicidio y para exigir a los medios de comunicación el cumplimiento de sus responsabilidades en materia de derechos humanos.

5. Conclusiones

Este estudio analizó el tratamiento mediático del feminicidio de Ximena Calvache, ocurrido en la provincia de Pastaza, a partir de la cobertura realizada por el medio digital Portada TV. El análisis crítico del discurso permitió identificar que dicha cobertura estuvo marcada por la espectacularización del hecho, la despersonalización de la víctima, la patologización del agresor, la reproducción de estereotipos de género asociados al "amor romántico" y los "celos", y un framing del feminicidio como "crimen pasional" que despolitizó el hecho y lo presentó como un suceso aislado y excepcional.

En relación con la pregunta de investigación y los objetivos planteados, los resultados muestran que Portada TV abordó el feminicidio de Ximena Calvache sin incorporar referencias explícitas al marco normativo de protección de los derechos de las mujeres, en particular a la LOIPEVCM (Asamblea Nacional del Ecuador 2018), y sin profundizar en la dimensión estructural de la violencia de género. La entrevista a la abogada Jessica Delgado confirmó que esta forma de cobertura tuvo efectos concretos en la opinión pública, reforzando estereotipos de género y, en algunos casos, cuestionamientos hacia la víctima antes que hacia el agresor (J. Delgado, comunicación personal, 2025). De esta manera, se cumplió el objetivo general de analizar el tratamiento mediático del caso e identificar sus narrativas predominantes y su impacto social e institucional.

A partir de estos hallazgos, se recomienda a los medios de comunicación ecuatorianos —especialmente a los medios digitales locales— incorporar protocolos de cobertura periodística con enfoque de género y derechos humanos, que eviten la espectacularización de los feminicidios, prioricen la dignidad de las víctimas y sus familias, y contextualicen estos hechos como parte de un problema estructural y no como sucesos aislados. Asimismo, se recomienda fortalecer la articulación entre medios de comunicación, organizaciones feministas y operadores de justicia para garantizar el cumplimiento efectivo de la LOIPEVCM. Como líneas futuras de investigación, se sugiere ampliar este análisis a un corpus más amplio de coberturas mediáticas de feminicidios en la región amazónica, así como explorar la recepción de estas narrativas por parte de las audiencias locales.

Agradecimientos

La autora desea expresar su agradecimiento a la memoria de Ximena Calvache, cuya historia motivó esta investigación, así como a los colectivos feministas de la provincia de Pastaza por su valentía y compromiso en la lucha contra la violencia de género. Asimismo, agradece a la abogada Jessica Delgado por compartir generosamente su testimonio y experiencia, y a las y los docentes de la Especialización en Género, Violencia y Derechos Humanos de FLACSO Ecuador por su

acompañamiento académico durante el desarrollo de este trabajo.

Contribución de los autores: C.D.G.I.: conceptualización, metodología, investigación, análisis formal, redacción del borrador original y redacción-revisión y edición. La autora ha leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo. El estudio se desarrolló como tesina para optar por el título de Especialización en Género, Violencia y Derechos Humanos de FLACSO Ecuador.

Conflictos de intereses: La autora declara no tener conflictos de interés.

Referencias

Asamblea Nacional del Ecuador. (2018). Ley Orgánica Integral para Prevenir y Erradicar la Violencia contra las Mujeres. Registro Oficial Suplemento 175.

Bernal-Triviño, A. (2019). El tratamiento informativo del caso Juana Rivas. Hacia una definición de violencia mediática. Estudios sobre el Mensaje Periodístico, 25(2), 597–710. https://doi.org/10.5209/esmp.64797

Bourdieu, P. (1997). Sobre la televisión. Editorial Anagrama.

Bourdieu, P. (2000). La dominación masculina. Editorial Anagrama.

Carcedo, A., & Ordóñez, C. (2011). Femicidio en Ecuador. Comisión de Transición hacia el Consejo de las Mujeres y la Igualdad de Género.

Curiel, O. (2014). Construyendo metodologías feministas desde el feminismo decolonial. En I. Mendia Azkue, M. Luxán Serrano, M. Legarreta Iza, G. Guzmán Orellana, I. Zirion Landaluze, & J. Azpiazu Carballo (Coords.), Otras formas de (re)conocer: Reflexiones, herramientas y aplicaciones desde la investigación feminista (pp. 45–60). SIMREF.

Entman, R. M. (2006). Framing: Toward clarification of a fractured paradigm. Journal of Communication, 43(4), 51–58. https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1993.tb01304.x

Flores, P. (2017). Narrativas mediáticas sexistas. Violencia mediática. Coordinadora de la Mujer.

Fundación ALDEA. (2022). Mapa de femicidios 2021. https://www.fundacionaldea.org/noticias-aldea/feminicidios2021

Gobierno Provincial de Pastaza. (2019). Información de la provincia de Pastaza. https://pastaza.gob.ec/pastaza/informacion/informacion-de-la-provincia-de-pastaza/

Guzmán-Hallo, M., Ponce-Sánchez, Y., & Ponce-Sánchez, A. (2019). El feminicidio en Latinoamérica: Un estudio criminológico de los casos en Ecuador. Dominio de las Ciencias, 5(2), 344–370.

Jácome, N. (2020). La violencia de género contra las mujeres y los medios de comunicación, entre la información y el rating. Revista Enfoques de la Comunicación, 4, 69–93.

Lagarde, M. (2008). Antropología, feminismo y política: Violencia feminicida y derechos humanos de las mujeres. En M. Bullen & C. Diez Mintegui (Coords.), Retos teóricos y nuevas prácticas (pp. 219–239). Universidad Autónoma de México.

McCombs, M., & Shaw, D. (1972). La función de los medios de comunicación como fijadores de agenda. Public Opinion Quarterly, 36(2), 176–187. https://doi.org/10.1086/267990

Mesa de Género de la Cooperación Internacional. (2023). Informe de situación de la violencia basada en género en Ecuador 2023. Aldeas Infantiles SOS Ecuador / ChildFund International / PNUD Ecuador.

Pineda, E. (2013). Discursos y representaciones de las mujeres en tres dibujos animados de la televisión actual [Tesis de maestría, Universidad Central de Venezuela].

Pineda, E. (2020). Bellas para morir: Estereotipos de género y violencia estética contra la mujer. Prometeo Libros.

Portada TV. (2021, 17 de octubre). Le juro amor eterno y la mató. Femicidio le asestó 31 puñaladas.

Segato, R. (2003). Las estructuras elementales de la violencia: Ensayos sobre género entre la antropología, el psicoanálisis y los derechos humanos. Universidad Nacional de Quilmes.

Segato, R. (2018). Contrapedagogías de la crueldad. Prometeo Libros.

Van Dijk, T. A. (2016). Análisis crítico del discurso. Revista Austral de Ciencias Sociales, 30, 203–222.

© 2026. The Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY) International License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)