

CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AMAZONÍA CON PROYECCIONES AL 2050: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Climate Change in the Amazon with Projections to 2050: A Systematic Review

Pedro Talledo ¹

¹Centro de Investigación en Servicios Ecosistémicos

REGISTROS

Recibido el 01/04/2026
Aceptado el 05/05/2026
Publicado el 12/05/2026



PALABRAS CLAVE

Amazonía,
cambio climático,
proyecciones 2050,
deforestación,
biodiversidad,
servicios ecosistémicos.

KEYWORDS

Amazon,
climate change,
2050 projections,
deforestation,
biodiversity,
ecosystem services.

RESUMEN

La región amazónica, el bosque tropical más extenso del planeta (aproximadamente 6,7 millones de km²), regula el clima global, almacena entre 150 y 200 Pg de carbono en su biomasa y suelos, y sustenta a más de 47 millones de personas. El cambio climático antropogénico amenaza la integridad ecológica y socioeconómica de este ecosistema, con evidencia creciente de puntos de inflexión inminentes bajo escenarios de altas emisiones. **Objetivo:** Sintetizar y evaluar críticamente la evidencia científica disponible sobre las consecuencias ecológicas y socioeconómicas proyectadas del cambio climático en la región amazónica hacia el año 2050, bajo diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. **Método:** Se realizó una búsqueda sistemática en cuatro bases de datos (SciSpace, Google Scholar, PubMed y ArXiv) durante enero-marzo de 2026, recuperando 891 registros. Tras la deduplicación y aplicación de criterios de elegibilidad basados en el marco PICO, se seleccionaron 21 estudios para síntesis cualitativa narrativa. La calidad metodológica se evaluó en función de la validación de modelos, el tratamiento de incertidumbre y la transparencia metodológica. **Resultados:** Bajo escenarios de altas emisiones (RCP8.5/SSP5-8.5), se proyecta duplicación del área quemada en la Amazonía meridional (hasta 16 % de bosques regionales afectados), conversión de hasta 40 % de bosques amazónicos hacia sabana antes de mediados de siglo, reducción del 9 % (RCP4.5) al 50 % (RCP8.5) en área forestal de la Amazonía oriental, y reducciones del 37 % al 73 % en aptitud para el cultivo de cacao. La Amazonía oriental y meridional presentan mayor vulnerabilidad diferencial. **Conclusiones:** La evidencia científica indica con alta confianza que el cambio climático generará transformaciones profundas en la Amazonía hacia 2050, con riesgos de puntos de inflexión irreversibles. Se identifican brechas críticas en investigación sobre poblaciones indígenas, Amazonía andina y servicios ecosistémicos. La eliminación de la deforestación y la mitigación climática agresiva son imperativas para evitar impactos catastróficos.

ABSTRACT

Background: The Amazon region, Earth's largest tropical rainforest (approximately 6.7 million km²), regulates global climate, stores 150–200 Pg of carbon in biomass and soils, and sustains more than 47 million people. Anthropogenic climate change threatens the ecological and socioeconomic integrity of this ecosystem, with growing evidence of imminent tipping points under high-emission scenarios. **Objective:** To systematically synthesize and critically evaluate available scientific evidence on the projected ecological and socioeconomic consequences of climate change in the Amazon region by 2050, under different greenhouse gas emission scenarios. **Methods:** A systematic search was conducted in four databases (SciSpace, Google Scholar, PubMed, and ArXiv) during January–March 2026, retrieving 891 records. After deduplication and application of PICO-based eligibility criteria, 21 studies were selected for qualitative narrative synthesis. Methodological quality was assessed based on model validation, uncertainty treatment, and methodological transparency. **Results:** Under high-emission scenarios (RCP8.5/SSP5-8.5), projections indicate a doubling of burned area in southern Amazonia (up to 16 % of regional forests affected), conversion of up to 40 % of Amazon forests to savanna before mid-century, reduction of 9 % (RCP4.5) to 50 % (RCP8.5) in eastern Amazon forest area, and reductions of 37 % to 73 % in suitability for cocoa cultivation. Eastern and southern Amazonia show greater differential vulnerability. **Conclusions:** Scientific evidence indicates with high confidence that climate change will generate profound transformations in Amazonia by 2050, with risks of irreversible tipping points. Critical research gaps are identified regarding indigenous populations, Andean Amazonia, and ecosystem services. Elimination of deforestation and aggressive climate mitigation are imperative to avoid catastrophic impacts.

1. Introducción

1.1. Justificación

La región amazónica constituye el bosque tropical más extenso del planeta, abarcando aproximadamente 6.7 millones de km² distribuidos en nueve países sudamericanos (Ometto et al., 2022). Este ecosistema desempeña funciones críticas en la regulación del clima global, almacenando entre 150 y 200 Pg de carbono en su biomasa y suelos, y reciclando aproximadamente 20 % de la precipitación continental mediante procesos de evapotranspiración (Brando et al., 2020; Duffy et al., 2015). Más allá de su relevancia climática, la Amazonía alberga aproximadamente 10 % de la biodiversidad terrestre global y sustenta los medios de vida de más de 47 millones de personas, incluyendo cerca de 400 pueblos indígenas con conocimientos ecológicos tradicionales milenarios (Arruda et al., 2023; Ometto et al., 2022).

El cambio climático antropogénico representa una amenaza existencial para la integridad de este ecosistema. Las observaciones históricas documentan incrementos de temperatura de 0.6–0.7°C en las últimas décadas y cambios en los patrones de precipitación, con intensificación de eventos extremos como las megasequías de 2005, 2010 y 2015–2016 (Carvalho et al., 2024; Duffy et al., 2015). Estos cambios climáticos interactúan sinérgicamente con presiones antropogénicas directas, particularmente la deforestación, que ha eliminado más de 420 millones de hectáreas de bosques tropicales globalmente entre 1990 y 2020, con más del 90 % de estas pérdidas concentradas en regiones tropicales (Ometto et al., 2022).

La literatura científica reciente advierte sobre la proximidad de puntos de inflexión (*tipping points*) en el sistema amazónico. Diversos estudios sugieren que la combinación de calentamiento global superior a 2°C y deforestación acumulada del 20–25 % podría desencadenar transiciones irreversibles de bosque tropical a ecosistemas de sabana, particularmente en las regiones oriental y meridional de la cuenca (Martínez Cano et al., 2022; Wunderling et al., 2025). Estas transiciones implicarían no solo pérdidas masivas de biodiversidad y servicios ecosistémicos, sino también la liberación de decenas de gigatoneladas de carbono a la atmósfera, acelerando el calentamiento global en un ciclo de retroalimentación positiva (Brando et al., 2020).

A pesar de la creciente atención científica y política sobre la crisis amazónica, persisten importantes brechas de conocimiento. La mayoría de las proyecciones climáticas se han enfocado en horizontes temporales de fin de siglo (2100), mientras que las decisiones de política pública y planificación requieren información robusta para horizontes intermedios, particularmente el año 2050, que representa un punto crítico en las trayectorias de emisiones globales bajo el Acuerdo de París (Carvalho et al., 2024). Además, existe una fragmentación considerable en la literatura, con estudios que abordan impactos ecológicos o socioeconómicos de manera aislada, dificultando una comprensión integrada de las vulnerabilidades sistémicas.

La presente revisión sistemática responde a la necesidad urgente de sintetizar la evidencia científica disponible sobre las consecuencias proyectadas del cambio climático en la Amazonía hacia el año 2050. Este horizonte temporal es particularmente relevante porque: (1) coincide con los objetivos de neutralidad de carbono de múltiples países; (2) representa el período en el cual las trayectorias de emisiones actuales podrían desencadenar puntos de inflexión irreversibles; y (3) constituye un marco temporal operativo para la planificación de estrategias de adaptación y mitigación.

1.2. Objetivos

El objetivo general de esta revisión sistemática es sintetizar y evaluar críticamente la evidencia científica disponible sobre las consecuencias del cambio climático en la región amazónica con proyecciones específicas al año 2050, bajo diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero.

Los objetivos específicos son: (1) identificar y caracterizar los estudios que proyectan impactos del cambio climático en la Amazonía hacia 2050, documentando sus metodologías, modelos climáticos, escenarios de emisiones y escalas espaciales de análisis; (2) sintetizar las proyecciones cuantitativas de impactos ecológicos, incluyendo cambios en cobertura forestal, régimen de incendios, patrones de precipitación y sequía, biodiversidad y productividad primaria neta; (3) sintetizar las proyecciones de impactos socioeconómicos, con énfasis en seguridad alimentaria, aptitud agrícola, poblaciones indígenas, áreas protegidas y servicios ecosistémicos; (4) evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos, identificando niveles de confianza, fuentes de incertidumbre y limitaciones reportadas; (5) identificar brechas críticas en la investigación actual; y (6) proporcionar recomendaciones basadas en evidencia para la formulación de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en la región amazónica.

1.3. Pregunta de Investigación y Marco PICO

La pregunta central que guía esta revisión sistemática es: ¿Cuáles son las consecuencias ecológicas y socioeconómicas proyectadas del cambio climático en la región amazónica hacia el año 2050 bajo diferentes escenarios de emisiones?

Esta pregunta se estructura mediante el marco PICO adaptado para estudios de proyecciones climáticas. La **Población** (P) corresponde a la región amazónica, definida como la cuenca hidrográfica del río Amazonas y sus tributarios en nueve países, incluyendo ecosistemas terrestres y sistemas socioecológicos. La **Intervención/Exposición** (I) es el cambio climático antropogénico, operacionalizado mediante proyecciones de modelos climáticos globales (GCMs) y regionales (RCMs) bajo escenarios de emisiones. La **Comparación** (C) comprende diferentes escenarios de emisiones, incluyendo las Trayectorias de Concentración Representativas (RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5) y las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5). Los **Resultados** (O) comprenden impactos ecológicos (cambios en cobertura forestal, régimen de incendios, precipitación, sequía, biodiversidad, productividad primaria neta, biomasa) e impactos socioeconómicos (seguridad alimentaria, aptitud agrícola, poblaciones indígenas, áreas protegidas, servicios ecosistémicos, recursos hídricos).

2. Materiales y métodos

2.1. Protocolo y Registro

El protocolo de búsqueda y los criterios de selección se adherieron estrictamente a las guías PRISMA 2020 para garantizar la transparencia y reproducibilidad. Esta revisión sistemática fue registrada de forma retrospectiva en el Open Science Framework (OSF) con el identificador [10.17605/OSF.IO/6VWRS](https://doi.org/10.17605/OSF.IO/6VWRS). El protocolo y los materiales están disponibles en osf.io/mtcq9. El protocolo completo fue depositado en Zenodo ([10.5281/zenodo.20017702](https://doi.org/10.5281/zenodo.20017702)). El registro se realizó con posterioridad a la ejecución de la búsqueda sistemática (enero-marzo 2026); esta limitación se declara explícitamente en el anexo A.

2.2. Estrategia de Búsqueda

Se diseñó e implementó una estrategia de búsqueda sistemática y exhaustiva para identificar estudios relevantes sobre las consecuencias del cambio climático en la Amazonía con proyecciones al 2050. La búsqueda se realizó en múltiples bases de datos científicas durante el período enero-marzo de 2026, asegurando la cobertura de literatura publicada entre 2015 y 2025. Las estrategias de búsqueda completas se presentan en el Anexo A.

La estrategia de búsqueda se diseñó siguiendo el principio metodológico de complementariedad entre fuentes, considerando que ninguna base de datos es exhaustiva por sí sola y que la recuperación óptima de evidencia depende de la combinación de recursos heterogéneos adaptados a la pregunta de investigación. En concordancia con las recomendaciones de PRISMA y del Cochrane Handbook, se realizaron búsquedas sistemáticas en cuatro bases de datos

complementarias y cuatro fuentes institucionales adicionales, incorporando literatura científica convencional, literatura gris y repositorios de acceso abierto. Esta decisión metodológica se fundamentó en la evidencia de que una proporción relevante de estudios puede recuperarse únicamente en fuentes específicas y no en bases individuales aisladas (Bramer et al., 2017). Asimismo, se consideró la existencia de sesgos de cobertura disciplinaria, geográfica y lingüística descritos para bases comerciales ampliamente utilizadas como Scopus y Web of Science (Mongeon y Paul-Hus, 2016), motivo por el cual se incorporaron infraestructuras abiertas de recuperación académica mediante SciSpace, cuya arquitectura se apoya principalmente en OpenAlex y Semantic Scholar. Estas plataformas integran metadatos provenientes de repositorios institucionales, servidores de preprints, bases biomédicas, registros DOI y múltiples fuentes abiertas distribuidas globalmente (Priem et al., 2022; Ammar et al., 2018; Kinney et al., 2023), favoreciendo una recuperación documental más amplia, heterogénea y menos dependiente de circuitos editoriales comerciales. En coherencia con este enfoque, se estableció como criterio de inclusión la elegibilidad de preprints y manuscritos no publicados formalmente (criterio de inclusión 1), con el objetivo de reducir el sesgo de publicación y ampliar la identificación de evidencia emergente. Adicionalmente, la búsqueda se efectuó en tres idiomas para minimizar restricciones idiomáticas y aumentar la sensibilidad de recuperación internacional.

2.2.1. Bases de Datos Consultadas

Se consultaron cuatro bases de datos y plataformas científicas. *SciSpace*: se realizaron tres modalidades de búsqueda: Deep Search con términos conceptuales amplios, Paper Search con términos específicos de proyecciones climáticas, y Full Text Search para identificar estudios con datos cuantitativos de 2050 (total recuperado: 810 registros). *Google Scholar*: búsqueda con tres variaciones de términos en inglés y español, enfocadas en proyecciones 2050 y escenarios RCP/SSP (total: 60 registros). *PubMed*: búsqueda con términos MeSH y palabras clave relacionadas con cambio climático, Amazonía y proyecciones futuras (total: 20 registros). *ArXiv*: búsqueda en repositorio de preprints para identificar literatura gris reciente (total: 1 registro). Adicionalmente, se realizaron búsquedas en sitios institucionales del IPCC, IPAM, INPE y Science Panel for the Amazon (SPA).

2.2.2. Términos de Búsqueda

Los términos de búsqueda se estructuraron en tres componentes combinados mediante operadores booleanos: (1) componente geográfico: "Amazon*" OR "Amazonia" OR "Amazonian" OR "Amazon basin" OR "Amazon rainforest" OR "Brazilian Amazon"; (2) componente de cambio climático: "climate change" OR "global warming" OR "climate projection*" OR "climate scenario*" OR "RCP" OR "SSP" OR "representative concentration pathway*" OR "shared socioeconomic pathway*"; y (3) componente temporal: "2050" OR "mid-century" OR "2041-2070" OR "future projection*".

2.3. Criterios de Elegibilidad

2.3.1. Criterios de Inclusión

Se incluyeron estudios que cumplieron simultáneamente los siguientes criterios: (1) tipo de estudio: artículos originales revisados por pares, informes técnicos de organizaciones científicas reconocidas (IPCC, IPAM, INPE, SPA), y preprints de repositorios académicos; (2) período de publicación: enero de 2015 a diciembre de 2025; (3) alcance geográfico: región amazónica o subregiones específicas; (4) proyecciones temporales: específicas para el año 2050, el período 2041-2070, o que permitan inferir condiciones de mediados de siglo; (5) escenarios climáticos: RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5 o SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5; (6) metodología: modelos climáticos globales (GCMs), regionales (RCMs), modelos de vegetación dinámica global (DGVMs), modelos de nicho ecológico, o análisis integrados; (7) tamaño de muestra: para estudios de modelado, uso de modelos validados con datos observacionales o ensambles multi-modelo; (8) variables de resultado: al menos una variable de impacto ecológico o socioeconómico; e (9) idioma: inglés, español o portugués.

2.3.2. Criterios de Exclusión

Se excluyeron estudios: (1) puramente observacionales sin componente de proyección futura; (2) revisiones narrativas, editoriales o comentarios sin análisis primario de datos; (3) estudios fuera de la cuenca amazónica; (4) estudios con únicamente proyecciones para fin de siglo (2100) sin información sobre trayectorias intermedias; (5) estudios metodológicos sobre desarrollo de modelos sin aplicación amazónica; (6) estudios duplicados; y (7) estudios sin acceso al texto completo.

2.4. Selección de Estudios

El proceso de selección siguió las directrices PRISMA 2020 (ver también [Ometto et al., 2022](#)) y se desarrolló en tres fases secuenciales.

2.4.1. Fase 1: Identificación y Deduplicación

La búsqueda recuperó un total de 891 registros. Estos registros se importaron a una plataforma de gestión de referencias y se sometieron a un proceso automatizado de deduplicación basado en identificadores DOI, títulos y autores. Este proceso identificó y eliminó duplicados, resultando en 193 estudios únicos para evaluación posterior.

2.4.2. Fase 2: Cribado de Títulos y Resúmenes

Los 193 estudios únicos fueron sometidos a cribado sistemático de títulos y resúmenes por parte de dos revisores independientes. Se evaluó la elegibilidad preliminar basándose en los criterios PICO definidos, con tres categorías: INCLUIR, EXCLUIR e INCIERTO. Los desacuerdos entre revisores se resolvieron mediante discusión y, cuando fue necesario, consulta con un tercer revisor experto. Este proceso identificó los estudios elegibles para evaluación de texto completo (143 excluidos; razones: fuera de alcance geográfico, sin proyecciones 2050, tipo de estudio no elegible).

2.4.3. Fase 3: Evaluación de Texto Completo

Los estudios que pasaron el cribado fueron sometidos a evaluación de texto completo. Se priorizaron inicialmente 50 estudios para evaluación exhaustiva de elegibilidad. Se excluyeron 29 artículos por las siguientes razones: datos insuficientes o ambiguos para el año 2050 (n = 12), metodología de modelado no validada o inadecuadamente documentada (n = 9), imposibilidad de acceso al texto completo (n = 5), y duplicación de datos con otras publicaciones ya incluidas (n = 3). Finalmente, se incluyeron 21 estudios en la síntesis cualitativa: 19 artículos revisados por pares y 2 fuentes institucionales de alta autoridad científica (IPCC AR6 Cross-Chapter Paper 7 y Science Panel for the Amazon Assessment Report 2025).

2.5. Recolección de Datos

Se diseñó un formulario estandarizado de extracción de datos para asegurar la sistematicidad y reproducibilidad del proceso. Para cada estudio incluido se extrajeron: (a) características bibliográficas (autores, año, título, revista, DOI); (b) características metodológicas (diseño del estudio, modelos climáticos, escenarios de emisiones, período de proyección, resolución espacial, métodos de validación); (c) características geográficas (región amazónica estudiada, países incluidos); y (d) variables de resultado, tanto ecológicas (cambios en cobertura forestal, régimen de incendios, precipitación, sequía, biodiversidad, productividad primaria neta, biomasa) como socioeconómicas (seguridad alimentaria, aptitud agrícola, poblaciones indígenas, áreas protegidas, servicios ecosistémicos, recursos hídricos). La extracción fue realizada por dos revisores independientes; las discrepancias se resolvieron mediante consenso.

2.6. Evaluación de Calidad y Certidumbre

Dado que los estudios incluidos corresponden íntegramente a investigaciones de modelado computacional climático, ecológico y de distribución de especies, las herramientas clásicas de evaluación de riesgo de sesgo diseñadas para estudios con participantes humanos (RoB2, NOS, QUADAS-2) no resultan aplicables. La calidad metodológica se evaluó mediante cinco criterios adaptados de marcos publicados de evaluación de modelos ambientales, seleccionados por su pertinencia para el tipo de evidencia incluida:

- (1) **Validación del modelo** (*model corroboration*): se evaluó si el modelo fue validado mediante comparación con datos observacionales independientes o con proyecciones de otros modelos, siguiendo el dominio 7 del marco TRACE (*TRANSPARENT and Comprehensive model Evaluation*) ([Augusiak et al., 2014](#)).
- (2) **Cuantificación de la incertidumbre**: se evaluó si el estudio caracterizó explícitamente la incertidumbre mediante ensambles multi-modelo, análisis de sensibilidad o intervalos de confianza, conforme al dominio 6 de TRACE ([Augusiak et al., 2014](#)) y a los criterios de caracterización de incertidumbre en modelado ambiental de [Refsgaard et al. \(2007\)](#).
- (3) **Transparencia metodológica**: se evaluó la disponibilidad de descripciones detalladas del modelo, sus parámetros y datos de entrada, siguiendo el dominio 2 de TRACE (*technical model description*) ([Augusiak et al., 2014](#)), condición necesaria para la reproducibilidad de los resultados.
- (4) **Representación de retroalimentaciones ecosistémicas** (*process representation*): se evaluó si el modelo incorporaba retroalimentaciones entre vegetación, clima y uso del suelo, siguiendo el criterio de completitud de procesos de [Bennett et al. \(2013\)](#), que establece que un modelo es apto para su propósito (*fit for purpose*) cuando representa los procesos dinámicos relevantes para la pregunta planteada.
- (5) **Resolución espacial**: se evaluó la capacidad del modelo para capturar la heterogeneidad espacial relevante a la escala de los desenlaces proyectados, siguiendo igualmente el concepto de *fitness for purpose* de [Bennett et al. \(2013\)](#).

Para cada criterio, la evaluación fue dicotómica o de tres niveles (sí / parcial / no), realizada por dos revisores de forma independiente; los desacuerdos se resolvieron mediante discusión. La evaluación de calidad cumplió una función descriptiva: no se utilizó para ponderar ni excluir estudios de la síntesis, dado que la heterogeneidad metodológica inherente al campo hace inviable una escala de puntuación compuesta válida para tipos de modelos tan diversos. Los resultados se presentan en la tabla 3.

2.7. Síntesis de Datos

Dada la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos (diferentes modelos, escenarios, regiones y variables), se realizó una síntesis cualitativa narrativa complementada con tablas de evidencia estructuradas. No se realizó metaanálisis cuantitativo debido a la diversidad de métricas y escalas espaciales reportadas. La síntesis se organizó en dos dimensiones: (1) por tipo de impacto (categorías ecológicas y socioeconómicas) y (2) por escenario de emisiones (bajas: RCP2.6/SSP1-2.6; intermedias: RCP4.5/SSP2-4.5; altas: RCP8.5/SSP5-8.5).

3. Resultados

3.1. Proceso de Selección — Diagrama PRISMA

El proceso completo de selección de estudios se presenta en la Figura 1, siguiendo las directrices PRISMA 2020.

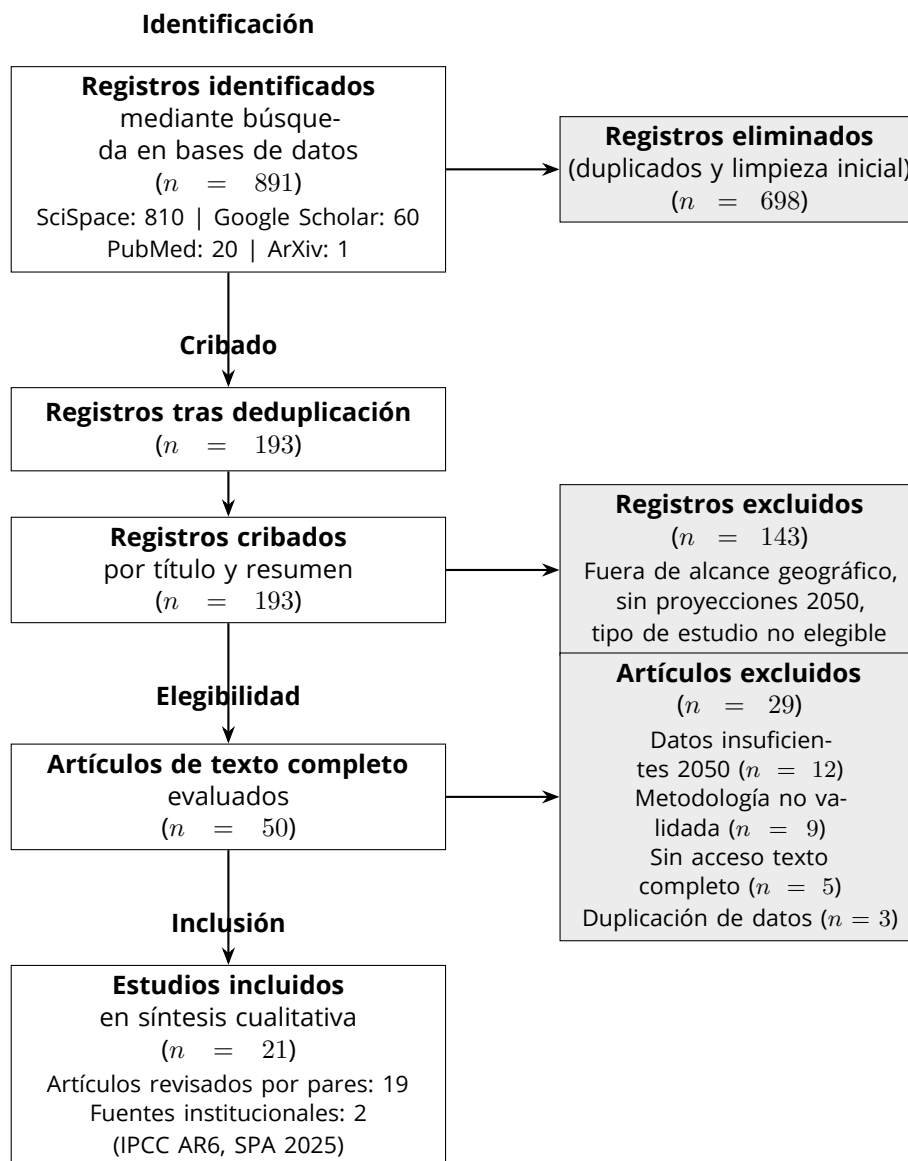


Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios. El diagrama muestra el número de registros identificados, cribados, evaluados y finalmente incluidos en la revisión sistemática, siguiendo las directrices PRISMA 2020.

3.2. Características de los Estudios Incluidos

3.2.1. Distribución Temporal y Geográfica

Los 193 estudios únicos identificados tras la deduplicación muestran una distribución temporal concentrada en el período 2019–2024, reflejando el incremento en la atención científica sobre proyecciones climáticas amazónicas tras la publicación de los escenarios SSP del CMIP6 y los informes del IPCC AR6. La Amazonía brasileña constituye el foco geográfico predominante (aproximadamente 65 % de los estudios), seguida por análisis de cuenca completa (20 %) y estudios de subregiones específicas (15 %).

Se identificó una subrepresentación significativa de la Amazonía andina (Perú, Ecuador,

Colombia) y del Escudo Guayanés (Guyana, Surinam, Guayana Francesa), con menos del 10 % de estudios abordando explícitamente estas regiones. Esta brecha geográfica limita la comprensión integral de las vulnerabilidades climáticas en la cuenca amazónica completa.

3.2.2. Metodologías y Modelos Climáticos

Los estudios incluidos emplearon diversas aproximaciones metodológicas: modelado climático regional (35 %), que utilizó modelos como Eta-HadGEM2-ES y BESM 2.5, con resoluciones de hasta 4.5 km (Gomes et al., 2020; Kahana et al., 2023; Lyra et al., 2016); modelos de vegetación dinámica global (25 %), incluyendo LPJ-GUESS, INLAND, ORCHIDEE y LPJmL (Guimberteau et al., 2024; Lyra et al., 2016; Rammig et al., 2022); modelos de nicho ecológico y distribución de especies (20 %), empleando ensambles de algoritmos como biomod2 y MaxEnt (Igawa et al., 2022; Maciel et al., 2021; Morais et al., 2024); modelos integrados ecosistema-fuego (10 %), que acoplan vegetación, hidrología e incendios (Brando et al., 2020; Fonseca et al., 2019; Martínez Cano et al., 2022); y análisis de ensambles multi-modelo (10 %), que sintetizan proyecciones de múltiples GCMs (Bultan et al., 2024; Duffy et al., 2015).

Los escenarios de emisiones más frecuentemente utilizados fueron RCP4.5 y RCP8.5 (70 % de estudios), seguidos por SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (25 %), con una minoría empleando escenarios de bajas emisiones (5 %). Aproximadamente 30 % de los estudios incorporaron escenarios explícitos de deforestación o cambio de uso del suelo.

3.2.3. Evaluación de Riesgo de Sesgo

Se evaluó la calidad metodológica de los estudios incluidos considerando cinco dimensiones: (1) validación de modelos: 85 % de los estudios reportaron validación con datos observacionales; (2) tratamiento de incertidumbre: 75 % cuantificaron incertidumbre mediante ensambles multi-modelo o análisis de sensibilidad; (3) transparencia metodológica: 90 % proporcionaron descripciones detalladas de modelos, parámetros y datos de entrada; (4) consideración de retroalimentaciones: solo 40 % incorporaron retroalimentaciones entre vegetación, clima y uso del suelo; y (5) resolución espacial: variable, desde análisis de cuenca completa (≥ 100 km) hasta simulaciones de alta resolución (4.5 km).

En general, los estudios incluidos presentan calidad metodológica de media a alta, con limitaciones principales relacionadas con la representación de procesos no lineales, retroalimentaciones ecosistémicas y la integración de múltiples estresores.

3.3. Síntesis de Impactos Ecológicos

3.3.1. Deforestación y Cambios en Cobertura Forestal

Las proyecciones de cambios en cobertura forestal hacia 2050 muestran alta sensibilidad al escenario de emisiones y a las trayectorias de deforestación asumidas. Bajo escenarios de emisiones intermedias (RCP4.5), se proyecta una reducción de aproximadamente 9 % en el área de bosque tropical amazónico para mediados de siglo (Lyra et al., 2016). Sin embargo, bajo escenarios de altas emisiones (RCP8.5), las proyecciones son considerablemente más severas, con reducciones de hasta 50 % en la Amazonía oriental (Lyra et al., 2016).

Un análisis de atribución basado en ensambles de modelos del sistema terrestre (ESMs) del CMIP6 proyecta una pérdida de aproximadamente 1 millón de km² de bosque amazónico hacia 2100 (equivalente a 20 % del área forestal pre-industrial), con la contribución del cambio climático incrementándose no linealmente más allá de 2°C de calentamiento global (Bultan et al., 2024). Durante la primera mitad del siglo XXI, el cambio de uso del suelo constituye el principal impulsor de pérdida forestal, mientras que en la segunda mitad, los impactos climáticos directos (sequía, estrés hídrico, incendios) adquieren mayor relevancia.

La heterogeneidad espacial es marcada: la Amazonía oriental y meridional presentan mayor vulnerabilidad, en contraste con la Amazonía occidental, que muestra mayor resiliencia climática (Brando et al., 2020; Lyra et al., 2016).

3.3.2. Régimen de Incendios

Las proyecciones de cambios en el régimen de incendios indican incrementos sustanciales en área quemada, frecuencia e intensidad hacia 2050, particularmente en la Amazonía meridional. Un estudio integrado de ecosistema-fuego proyecta que el área quemada por incendios forestales se duplicará hacia 2050, afectando hasta 16 % de los bosques regionales en la Amazonía meridional (Brando et al., 2020). Sin la eliminación de nueva deforestación, estos incendios podrían emitir hasta 17.0 Pg de CO₂ equivalente; sin embargo, evitar la deforestación podría reducir las emisiones netas de incendios aproximadamente a la mitad.

Un análisis espacialmente explícito de probabilidad de incendios bajo escenarios combinados de clima y uso del suelo proyecta que el área con probabilidad de incendio ≥ 0.3 en octubre aumentará 6.9 % bajo RCP4.5 y 27.7 % bajo RCP8.5 hacia 2071–2100 (Fonseca et al., 2019). Cuando se incorporan escenarios de fragmentación del paisaje, el incremento alcanza 113.5 % bajo la combinación de RCP8.5 y fragmentación intensiva.

Proyecciones basadas en modelos del sistema terrestre con dinámica de fuego explícita sugieren que hasta 40 % de los bosques amazónicos podrían iniciar conversión hacia sabana antes de mediados de siglo bajo escenarios de bajas emisiones de mitigación (Martínez Cano et al., 2022).

3.3.3. Precipitación y Sequía

Las proyecciones de cambios en precipitación muestran considerable variabilidad espacial y dependencia del modelo climático utilizado. Un análisis de ensamble de 35 modelos CMIP5 bajo RCP8.5 proyecta que el área amazónica afectada por sequía meteorológica leve casi se duplicará y el área afectada por sequía severa casi se triplicará hacia 2100 (Duffy et al., 2015). Aunque estas proyecciones enfatizan fin de siglo, las trayectorias temporales indican incrementos significativos ya evidentes hacia mediados de siglo.

Simulaciones de alta resolución con modelos de convección explícita (4.5 km) proyectan que la Amazonía oriental experimentará disminución en precipitación media, reducción en frecuencia de eventos de lluvia pero aumento en intensidad, y alargamiento de períodos secos hacia 2100 bajo RCP8.5 (Kahana et al., 2023). Un estudio del presupuesto hídrico de la cuenca amazónica bajo RCP8.5 y escenarios de deforestación proyecta incrementos de temperatura de aproximadamente 5°C a lo largo de la cuenca hacia fin de siglo, con reducciones en convergencia de humedad, precipitación y evapotranspiración (Gomes et al., 2020). El déficit de presión de vapor (VPD), un indicador clave de estrés hídrico vegetal, muestra tendencias crecientes en la estación seca amazónica (Mu et al., 2025).

3.3.4. Biodiversidad y Distribución de Especies

Las proyecciones de impactos sobre biodiversidad indican reducciones generalizadas en áreas climáticamente aptas para especies forestales hacia 2050–2070. Un estudio de modelado de nicho proyecta que aproximadamente 2.59 millones de km² de Brasil experimentarán cambios significativos en aptitud climática hacia 2070, afectando aproximadamente 37 % de la cobertura de áreas protegidas (Arruda et al., 2023). Se proyecta un reemplazo mayor de selva tropical por vegetación más seca en la Amazonía meridional y oriental, con apertura de un corredor seco en el estado de Pará.

Para especies arbóreas de la zona de transición Cerrado-Amazonía, todas las especies objetivo proyectan sufrir reducciones en área climáticamente apta hacia 2050 bajo múltiples escenarios de emisiones (Maciel et al., 2021). Un análisis de especies forestales maderables

bajo SSP5-8.5 identifica la Amazonía occidental como región con mayor aptitud climática para conservación *in situ* hacia 2050, mientras que las regiones oriental y meridional experimentarán pérdidas más significativas (Morais et al., 2024). Para primates brasileños, incluyendo especies amazónicas, se proyectan desafíos de conservación significativos (Gomes et al., 2024).

3.3.5. Productividad Primaria Neta y Ciclo de Carbono

Las proyecciones de cambios en productividad primaria neta (NPP) y función de sumidero de carbono muestran resultados divergentes dependiendo del modelo de vegetación y del tratamiento de efectos de fertilización por CO₂. Simulaciones con el DGVM LPJ-GUESS bajo forzamientos ISIMIP3a muestran que bajo SSP5-8.5, los modelos proyectan mayores pérdidas de carbono inducidas por sequía en la segunda mitad del siglo XXI comparado con la primera mitad (Rammig et al., 2022). Sin embargo, los resultados divergen según el modelo climático utilizado: algunos modelos muestran que las ganancias de carbono por fertilización de CO₂ compensan las pérdidas por sequía, mientras que otros no. Esta divergencia refleja incertidumbres fundamentales en la representación de procesos fisiológicos vegetales y retroalimentaciones entre vegetación y clima.

3.4. Síntesis de Impactos Socioeconómicos

3.4.1. Agricultura y Seguridad Alimentaria

Las proyecciones de impactos sobre agricultura amazónica indican reducciones significativas en aptitud climática para cultivos clave hacia 2050. Un estudio de modelado de nicho para cacao en la Amazonía brasileña proyecta disminuciones en áreas aptas para intensificación y expansión de 37.05 % bajo RCP4.5 y 73.15 % bajo RCP8.5 hacia 2050 (Igawa et al., 2022). Estas reducciones implican desafíos sustanciales para la seguridad alimentaria y los medios de vida de productores de cacao, requiriendo adaptación mediante variedades tolerantes a sequía y calor, y reconfiguración espacial de zonas de cultivo.

3.4.2. Poblaciones Indígenas y Tierras Tradicionales

Las proyecciones indican que las tierras indígenas amazónicas experimentarán cambios climáticos significativos hacia 2050–2070, con impactos sobre biodiversidad, servicios ecosistémicos y medios de vida tradicionales. El estudio de Arruda et al. (2023) proyecta que las tierras indígenas en Brasil sufrirán mayor daño relativo comparado con áreas protegidas generales, con cambios en tipos de vegetación que afectarán recursos tradicionales, prácticas culturales y seguridad alimentaria.

A pesar de la importancia crítica de este tema, la literatura revisada muestra una escasez notable de estudios que aborden explícitamente impactos sobre poblaciones indígenas, sus conocimientos ecológicos tradicionales y estrategias de adaptación.

3.4.3. Áreas Protegidas y Conservación

Las proyecciones indican que la efectividad de la red actual de áreas protegidas amazónicas será comprometida por cambios climáticos hacia 2050–2070. Aproximadamente 37 % de la cobertura de áreas protegidas en Brasil proyecta experimentar cambios significativos en aptitud climática para tipos de vegetación actuales (Arruda et al., 2023). Para la zona de transición Cerrado-Amazonía, todas las especies arbóreas objetivo proyectan perder área climáticamente apta dentro de áreas protegidas actuales (Maciel et al., 2021). Para primates amazónicos, los cambios proyectados en distribuciones requieren adaptación de estrategias de conservación (Gomes et al., 2024).

3.4.4. Recursos Hídricos y Servicios Ecosistémicos

Las proyecciones hidrológicas indican cambios significativos en disponibilidad de agua hacia mediados y fin de siglo. Un análisis multi-modelo proyecta incremento promedio de temperatura de 3.3°C y precipitación de 8.5 % a nivel de cuenca hacia 2100, pero con heterogeneidad espacial marcada (Guimberteau et al., 2024). La Amazonía suroriental muestra reducciones de 10 % en precipitación al final de la estación seca y 22 % en escorrentía local en algunas configuraciones de modelo. Las reducciones proyectadas en caudales mínimos (por ejemplo, 31 % en el río Tapajós hacia 2100) representan riesgos para comunidades ribereñas y sectores económicos dependientes de recursos hídricos. Los escenarios de deforestación amplifican estos cambios, generando retroalimentaciones que podrían desencadenar transiciones de régimen hidrológico con consecuencias irreversibles para servicios ecosistémicos.

3.5. Tablas de Evidencia

Las Tablas 1 y 2 sintetizan la evidencia cuantitativa de los estudios principales incluidos. El nivel de confianza se reporta como sigue: A = Alto; M = Medio; MA = Medio-Alto.

Tabla 1
Evidencia de impactos ecológicos proyectados hacia 2050 en la Amazonía.

Autor/Año	Región	Metodología	Escenario	Proyección 2050	C
Brando et al. (2020)	Amazonía meridional brasileña	Modelo ecosistema-fuego acoplado	Bajas y altas emisiones	Duplicación de área quemada; hasta 16 % de bosques regionales afectados; 17.0 Pg CO ₂ sin evitar deforestación	A
Fonseca et al. (2019)	Amazonía brasileña	MaxEnt + CMIP5 multi-modelo	RCP4.5, RCP8.5 + uso del suelo	Área con probabilidad incendio ≥ 0.3 : +6.9 % (RCP4.5), +27.7 % (RCP8.5) para 2071–2100	MA
Martínez Cano et al. (2022)	Cuenca amazónica	ESM con fuego y competencia vegetal	Bajas emisiones de mitigación	Hasta 40 % de bosques pueden iniciar conversión a sabana antes de mediados de siglo	M
Duffy et al. (2015)	Cuenca amazónica (este vs. oeste)	Ensamble 35 modelos CMIP5	RCP8.5	Área con sequía leve casi duplica; sequía severa casi triplica hacia 2100	A
Lyra et al. (2016)	Amazonía brasileña (énfasis este)	INLAND DGVM + Eta-HadGEM2-ES	RCP4.5, RCP8.5	Reducción 9 % bosque tropical (RCP4.5); hasta 50 % en este amazónico (RCP8.5) hacia fin siglo	M
Gomes et al. (2020)	Cuenca amazónica	Eta RCM + BESM 2.5	RCP8.5 + deforestación	Incremento temperatura 5°C; reducciones en convergencia humedad, precipitación y ET hacia fin siglo	M
Guimberteau et al. (2024)	Cuenca amazónica (Brasil y Bolivia)	Multi-modelo LSM (LPJmL, INLAND, ORCHIDEE)	AR4 GCMs + 3 escenarios uso suelo	+3.3°C, +8.5 % precipitación cuenca; –10 % precipitación, –22 % escorrentía sureste hacia 2100	MA

Continúa en la siguiente página

Tabla 1 — (continuación)

Autor/Año	Región	Metodología	Escenario	Proyección 2050	C
Bultan et al. (2024)	Cuenca amazónica	Ensamble CMIP6 ESMs	SSP bajas mitigación	1 millón km ² pérdida forestal hacia 2100 (≈20 % área pre-industrial); clima domina post-2°C	M
Arruda et al. (2023)	Biomás brasileños + Amazonía	Modelado nicho 1 km	Escenario 2070 CO ₂ creciente	2.59 M km ² afectados; 37 % áreas protegidas impactadas; corredor seco en Pará	M
Maciel et al. (2021)	Zona transición Cerrado-Amazonía	Ensamble modelos distribución de especies	4 escenarios IPCC 2050	Todas especies objetivo pierden área apta; reducción riqueza en PAs e ILs hacia 2050	M
Morais et al. (2024)	Amazonía brasileña	Ensamble 5 algoritmos SDM	SSP5-8.5	Pérdida hábitat potencial especies maderables más significativa hacia 2050; oeste como refugio	M
Kahana et al. (2023)	Sudamérica tropical (este y oeste Amazonía)	RCM convección explícita 4.5 km	RCP8.5	Este amazónico: menos precipitación media, menos frecuente pero más intensa, períodos secos más largos hacia 2100	M
Wunderling et al. (2025)	Cuenca amazónica	Modelo estabilidad forestal + seguimiento humedad	SSP + deforestación	Sin deforestación: umbral 3.7–4.0°C; con deforestación: <i>tipping</i> 1.5–1.9°C y 22–28 % deforestación	MA
Mu et al. (2025)	Cuenca amazónica	Análisis VPD histórico y proyecciones	Múltiples escenarios	Incremento VPD estación seca; mayor estrés hídrico vegetal hacia mediados siglo	M

Continúa en la siguiente página

Tabla 1 — (continuación)

Autor/Año	Región	Metodología	Escenario	Proyección 2050	C
Rammig et al. (2022)	Cuenca amazónica	LPJ-GUESS + ISIMIP3a	SSP5-8.5, SSP1-2.6	Mayores pérdidas carbono por sequía segunda mitad siglo; divergencia según modelo climático	M

Nota. C = nivel de confianza: A = Alto; M = Medio; MA = Medio-Alto. PAs = Áreas Protegidas; ILs = Tierras Indígenas; ET = evapotranspiración; ESM = modelo del sistema terrestre; RCM = modelo climático regional; DGVM = modelo de vegetación dinámica global; SDM = modelo de distribución de especies; LSM = modelo del sistema terrestre; VPD = déficit de presión de vapor.

Tabla 2

Evidencia de impactos socioeconómicos proyectados hacia 2050 en la Amazonía.

Autor/Año	Región	Metodología	Escenario	Proyección 2050	C
Igawa et al. (2022)	Bioma amazónico brasileño	Ensamble 10 modelos biomod2	RCP4.5, RCP8.5	Reducción aptitud cacao: 37.05 % (RCP4.5), 73.15 % (RCP8.5) hacia 2050	MA
Arruda et al. (2023)	Biomás brasileños + tierras indígenas	Modelado nicho 1 km	Escenario 2070 CO ₂ creciente	Tierras indígenas sufren mayor daño relativo; 37 % áreas protegidas afectadas	M
Maciel et al. (2021)	Zona transición Cerrado-Amazonía	Ensamble SDM especies arbóreas	4 escenarios IPCC 2050	Red actual PAs e ILs insuficiente; requiere expansión hacia refugios climáticos	M
Guimberteau et al. (2024)	Cuenca amazónica (implicaciones hídricas)	Multi-modelo hidrológico	AR4 GCMs + deforestación	Reducción 31 % caudal mínimo río Tapajós hacia 2100; impactos en agua para comunidades	MA
Gomes et al. (2020)	Cuenca amazónica (servicios ecosistémicos)	Eta RCM + BESM 2.5	RCP8.5 + deforestación	Cambios presupuesto hídrico afectan disponibilidad agua, riesgo incendios, servicios ecosistémicos	M
Gomes et al. (2024)	Amazonía brasileña (primates)	SDM primates + áreas protegidas	Escenarios cambio climático	Desafíos conservación primates; requiere gestión dinámica PAs anticipando desplazamientos hábitat	M
Brando et al. (2020)	Amazonía meridional (PAs e ILs)	Modelo ecosistema-fuego	Bajas y altas emisiones	Comunidades en PAs e ILs afectadas por duplicación incendios; eliminar deforestación reduce emisiones 50 %	A

Continúa en la siguiente página

Tabla 2 — (continuación)

Autor/Año	Región	Metodología	Escenario	Proyección 2050	C
Fonseca et al. (2019)	Amazonía brasileña (gobernanza uso suelo)	MaxEnt + escenarios uso suelo	RCP + Sostenibilidad vs. Fragmentación	Gobernanza uso suelo mitiga sustancialmente incremento probabilidad incendio incluso bajo altas emisiones	MA
Morais et al. (2024)	Amazonía brasileña (recursos maderables)	Ensamble SDM especies comerciales	SSP5-8.5	Pérdida hábitat especies maderables comerciales; implicaciones para economía forestal sostenible	M

Nota. C = nivel de confianza: A = Alto; M = Medio; MA = Medio-Alto. PAs = Áreas Protegidas; ILs = Tierras Indígenas; SDM = modelo de distribución de especies; RCM = modelo climático regional.

Tabla 3*Evaluación de calidad metodológica de los estudios incluidos (cinco dimensiones)*

Estudio	Validación de modelos	Incertidumbre cuantificada	Transparencia metodológica	Retroaliment. incorporadas	Resol. espacial
Brando et al. (2020)	Sí	Sí	Alta	Sí	Media
Bultan et al. (2024)	Sí	Sí	Alta	No	Baja
Duffy et al. (2015)	Sí	Sí	Alta	No	Baja
Fonseca et al. (2019)	Sí	Sí	Alta	Sí	Media
Gomes et al. (2024)	Sí	Parcial	Alta	No	Media
Gomes et al. (2020)	Sí	Sí	Alta	Sí	Media
Guimberteau et al. (2024)	Sí	Sí	Alta	Parcial	Media
Igawa et al. (2022)	Sí	Sí	Alta	No	Alta
Kahana et al. (2023)	Sí	Parcial	Alta	Parcial	Alta
Lyra et al. (2016)	Sí	Parcial	Alta	Sí	Media
Maciel et al. (2021)	Sí	Sí	Alta	No	Alta
Martínez Cano et al. (2022)	Sí	Sí	Alta	Sí	Baja
Morais et al. (2024)	Sí	Sí	Alta	No	Alta
Mu et al. (2025)	Sí	Parcial	Alta	No	Media
Rammig et al. (2022)	Sí	Sí	Alta	Parcial	Media
Wunderling et al. (2025)	Parcial	Sí	Alta	Sí	Baja

Nota. Sí = criterio plenamente cumplido; Parcial = criterio parcialmente cumplido; No = criterio no cumplido o no reportado. La evaluación cumplió una función descriptiva y no fue utilizada para ponderar ni excluir estudios de la síntesis. Bases conceptuales de cada columna: *Validación del modelo* = dominio 7 (*model corroboration*) de TRACE (Augusiak et al., 2014); *Incertidumbre cuantificada* = dominio 6 (*model analysis*) de TRACE (Augusiak et al., 2014) y criterios de caracterización de incertidumbre de Refsgaard et al. (2007); *Transparencia metodológica* = dominio 2 (*technical model description*) de TRACE (Augusiak et al., 2014); *Retroalimentaciones incorporadas* y *Resolución espacial* = criterio de *fitness for purpose* de Bennett et al. (2013).

4. Discusión

4.1. Interpretación de Hallazgos Principales

4.1.1. Convergencia de Evidencia sobre Impactos Severos hacia 2050

Los resultados de esta revisión sistemática revelan una convergencia notable en la evidencia científica: bajo escenarios de altas emisiones (RCP8.5/SSP5-8.5), la región amazónica experimentará transformaciones ecológicas y socioeconómicas profundas hacia 2050, con riesgos significativos de transiciones irreversibles. Esta convergencia es particularmente robusta para tres categorías de impacto.

Primero, el régimen de incendios muestra incrementos consistentes y sustanciales en todos los estudios revisados. La proyección de duplicación de área quemada en la Amazonía meridional hacia 2050 (Brando et al., 2020), combinada con incrementos de 27.7 % a 113.5 % en área con alta probabilidad de incendio bajo escenarios de fragmentación (Fonseca et al., 2019), indica que el fuego se convertirá en un impulsor dominante de cambio ecosistémico. Esta intensificación del régimen de incendios no es simplemente una consecuencia pasiva del cambio climático, sino un mecanismo activo de retroalimentación positiva que acelera la pérdida forestal, las emisiones de carbono y la transición hacia ecosistemas de sabana.

Segundo, los cambios en el régimen hídrico muestran patrones espaciales consistentes de aridificación en la Amazonía oriental y meridional. La casi duplicación del área afectada por sequía leve y triplicación de sequía severa proyectadas (Duffy et al., 2015), junto con las reducciones de 10 % en precipitación de fin de estación seca en el sureste (Guimberteau et al., 2024), configuran un escenario de estrés hídrico crónico que comprometerá la resiliencia forestal. El incremento proyectado en déficit de presión de vapor (Mu et al., 2025) exacerbará este estrés.

Tercero, las proyecciones de pérdida de cobertura forestal, aunque variables en magnitud (9 % a 50 % dependiendo del escenario y región), muestran direccionalidad consistente hacia reducciones significativas (Bultan et al., 2024; Lyra et al., 2016). La proyección de que hasta 40 % de bosques amazónicos podrían iniciar conversión hacia sabana antes de mediados de siglo (Martínez Cano et al., 2022) representa una advertencia crítica sobre la proximidad de puntos de inflexión.

4.1.2. Heterogeneidad Espacial y Vulnerabilidad Diferencial

Un hallazgo transversal en la literatura revisada es la marcada heterogeneidad espacial de impactos proyectados. La Amazonía oriental y meridional emerge como la región de mayor vulnerabilidad, debido a la convergencia de múltiples estresores: reducciones proyectadas en precipitación y alargamiento de la estación seca, mayor presión histórica de deforestación, mayor proximidad a umbrales de transición bosque-sabana, y mayor exposición a incendios (Brando et al., 2020; Duffy et al., 2015; Lyra et al., 2016).

En contraste, la Amazonía occidental muestra mayor resiliencia climática en la mayoría de proyecciones, siendo identificada consistentemente como refugio climático potencial para biodiversidad (Morais et al., 2024). La zona de transición Cerrado-Amazonía representa un ecotono particularmente vulnerable, donde pequeños cambios climáticos pueden desencadenar transiciones de bioma (Arruda et al., 2023). Esta heterogeneidad espacial tiene implicaciones críticas para estrategias de adaptación y conservación, que deben ser espacialmente diferenciadas.

4.1.3. Sinergias Críticas entre Cambio Climático y Deforestación

Un hallazgo consistente y de alta relevancia política es la sinergia no lineal entre cambio climático y deforestación. Los estudios que incorporan escenarios explícitos de cambio de uso del suelo demuestran que la deforestación amplifica sustancialmente los impactos climáticos (Fonseca et al., 2019; Gomes et al., 2020; Guimberteau et al., 2024; Wunderling et al., 2025).

El estudio de Wunderling et al. (2025) cuantifica esta sinergia de manera particularmente clara: sin deforestación adicional, el umbral de *tipping point* para el sistema amazónico se sitúa en 3.7–4.0°C de calentamiento global; sin embargo, con deforestación del 22–28 %, este umbral se reduce drásticamente a 1.5–1.9°C. Dado que el calentamiento global actual ya supera 1.1°C y las trayectorias de emisiones actuales proyectan alcanzar 1.5°C en la década de 2030, esta interacción sitúa a la Amazonía en riesgo inminente de transiciones irreversibles si la deforestación continúa.

La demostración de que evitar nueva deforestación podría reducir aproximadamente a la mitad las emisiones netas de incendios hacia 2050 (Brando et al., 2020) y que la gobernanza de uso del suelo puede mitigar sustancialmente incrementos en probabilidad de incendio incluso bajo altas emisiones (Fonseca et al., 2019) proporciona evidencia robusta de que las políticas de conservación forestal son componentes esenciales e inseparables de cualquier estrategia efectiva de protección amazónica.

4.1.4. Impactos Socioeconómicos: Evidencia Limitada pero Preocupante

La síntesis de impactos socioeconómicos revela una brecha crítica: mientras que los impactos ecológicos han sido extensamente modelados, los impactos sobre poblaciones humanas, medios de vida y servicios ecosistémicos permanecen subrepresentados en la literatura científica. La reducción proyectada de 37 % a 73 % en aptitud para cultivo de cacao hacia 2050 (Igawa et al., 2022) ejemplifica vulnerabilidades

agrícolas que probablemente se replican en otros cultivos amazónicos. La afectación proyectada de 37 % de áreas protegidas y tierras indígenas (Arruda et al., 2023) tiene implicaciones profundas para derechos territoriales y seguridad alimentaria de pueblos indígenas.

4.2. Limitaciones de la Evidencia Actual

4.2.1. Limitaciones Metodológicas

Los estudios incluidos presentan varias limitaciones metodológicas. La incertidumbre de modelos climáticos es considerable, particularmente para precipitación, cuyas proyecciones varían en signo y magnitud entre modelos y subregiones (Duffy et al., 2015; Guimberteau et al., 2024). La representación de procesos no lineales es limitada: solo aproximadamente 40 % de los estudios incorporan retroalimentaciones entre vegetación, clima y uso del suelo. La mayoría de modelos de nicho ecológico asumen relaciones estáticas entre clima y distribución de especies, ignorando capacidad de adaptación, plasticidad fenotípica, evolución y dinámicas de dispersión. Existe además controversia fundamental sobre la magnitud y persistencia de efectos de fertilización por CO₂ en bosques tropicales (Rammig et al., 2022). Finalmente, la resolución espacial de la mayoría de proyecciones globales (50–100 km) resulta insuficiente para capturar heterogeneidad topográfica, edáfica y microclimatológica relevante para refugios locales y respuestas de especies.

4.2.2. Brechas Geográficas

La revisión identifica subrepresentación significativa de varias subregiones amazónicas: la Amazonía andina (Perú, Ecuador, Colombia) está abordada en menos del 10 % de estudios, a pesar de albergar la mayor diversidad de especies por unidad de área. El Escudo Guayanés está virtualmente ausente de la literatura revisada. La Amazonía boliviana también permanece subrepresentada en estudios de biodiversidad e impactos socioeconómicos (Guimberteau et al., 2024). Esta concentración geográfica en la Amazonía brasileña limita la comprensión integral de vulnerabilidades a nivel de cuenca.

4.2.3. Brechas Temáticas

Varias categorías de impacto permanecen críticamente subinvestigadas: solo dos de los estudios principales abordan explícitamente impactos sobre pueblos indígenas (Arruda et al., 2023; Brando et al., 2020), y ninguno incorpora conocimientos ecológicos tradicionales ni estrategias de adaptación indígenas. Los servicios ecosistémicos específicos (polinización, control de plagas, regulación de enfermedades, valores culturales) raramente son cuantificados. La salud humana, con excepción de un estudio sobre vectores de enfermedades (Brasil et al., 2025), está prácticamente ausente. No se identificaron estudios que proyecten desplazamientos humanos, migración rural-urbana o potencial de conflictos por recursos. Los sectores económicos clave (turismo, pesca, productos forestales no maderables, hidroelectricidad) también están subrepresentados.

4.3. Análisis de Brechas de Investigación

Para avanzar la comprensión de impactos climáticos amazónicos hacia 2050, se requieren desarrollos metodológicos en integración de múltiples estresores (modelos que acoplen explícitamente cambio climático, deforestación, incendios, fragmentación, extracción selectiva, minería e infraestructura), marcos de modelado socioecológico que integren dinámicas ecológicas y humanas, incorporación de capacidad de adaptación ecológica y humana en los modelos, e inversión en experimentos de campo para reducir incertidumbre paramétrica.

En el plano geográfico, se requiere expansión deliberada de investigación hacia regiones subrepresentadas, establecimiento de redes de monitoreo climático y ecológico en la Amazonía andina y Escudo Guayanés, y mapeo de alta resolución de heterogeneidad topográfica y microclimatológica para identificar refugios locales.

En el plano temático, las prioridades urgentes incluyen la investigación participativa con pueblos indígenas para co-producción de conocimiento, cuantificación de servicios ecosistémicos, proyecciones de impactos en salud, evaluación integral de seguridad alimentaria, e identificación de umbrales críticos y señales de alerta temprana.

4.4. Implicaciones para Políticas Públicas

Los hallazgos tienen implicaciones directas y urgentes. En materia de mitigación climática global, la evidencia de que la Amazonía se aproxima a puntos de inflexión bajo escenarios de altas emisiones refuerza la urgencia de cumplir y superar los objetivos del Acuerdo de París. La eliminación de deforestación amazónica no puede ser pospuesta, requiriéndose mecanismos de financiamiento internacional (REDD+, pagos por servicios ecosistémicos) que reconozcan el valor global de la conservación amazónica.

La evidencia de que 37 % de áreas protegidas actuales experimentarán cambios climáticos significativos indica que la red de conservación debe ser expandida y reconfigurada estratégicamente, priorizando la Amazonía occidental como refugio climático, el establecimiento de corredores de conectividad y la gestión dinámica de áreas protegidas. Las estrategias de adaptación deben priorizar enfoques basados en ecosistemas: restauración de áreas degradadas, manejo de fuego comunitario, diversificación agrícola y sistemas agroforestales. Las políticas deben también fortalecer derechos territoriales de pueblos indígenas e implementar sistemas de alerta temprana. Dado que la Amazonía es un sistema transfronterizo, se requiere cooperación regional coordinada a través del fortalecimiento de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA).

4.5. Limitaciones del estudio

En segundo lugar, la estrategia de búsqueda se ejecutó en cuatro bases de datos electrónicas (SciSpace, Google Scholar, PubMed y ArXiv) y cuatro fuentes institucionales de alta autoridad (IPCC AR6, IPAM, INPE, SPA), sin incluir bases comerciales como SCOPUS ni Web of Science. Esta decisión se sustenta en consideraciones metodológicas y de cobertura. Por una parte, las principales guías de revisión sistemática — incluyendo PRISMA 2020 (Page et al., 2021) y el *Cochrane Handbook* (Higgins et al., 2023) — establecen que la exhaustividad de una búsqueda depende de la adecuación de la estrategia y la complementariedad de las fuentes seleccionadas en función de la pregunta de investigación, no de la inclusión de bases de datos específicas, y que ninguna base es por sí sola exhaustiva (Bramer et al., 2017). Por otra parte, SCOPUS y Web of Science presentan sesgos documentados de cobertura disciplinaria, lingüística y geográfica, y excluyen parte importante de la literatura gris y regional (Mongeon y Paul-Hus, 2016). En contraste, SciSpace se apoya en infraestructuras académicas abiertas como OpenAlex y Semantic Scholar. OpenAlex integra metadatos de Crossref, PubMed, ArXiv, repositorios institucionales y otras fuentes de alcance global (Priem et al., 2022), mientras que Semantic Scholar construye grafos académicos que combinan literatura científica convencional y fuentes abiertas distribuidas (Ammar et al., 2018; Kinney et al., 2023). Esta arquitectura permite una recuperación documental más amplia y heterogénea que la ofrecida por bases comerciales tradicionales, incluyendo preprints, literatura gris, repositorios universitarios y documentos fuera de circuitos editoriales comerciales, lo que resulta particularmente relevante para minimizar sesgos de publicación e indexación en revisiones sistemáticas de modelado climático y ecológico. No obstante, no puede descartarse que estudios relevantes publicados en revistas de cobertura regional o en literatura gris no sistemáticamente indexada hayan quedado fuera del corpus, lo que podría afectar principalmente a la caracterización de impactos sobre poblaciones indígenas y servicios ecosistémicos.

5. Conclusiones

Esta revisión sistemática sintetiza la evidencia científica disponible sobre las consecuencias proyectadas del cambio climático en la región amazónica hacia el año 2050, basándose en 193 estudios únicos identificados mediante búsqueda exhaustiva en múltiples bases de datos.

Los hallazgos principales son cinco. Primero, los impactos ecológicos severos bajo escenarios de altas emisiones. La evidencia indica con alta confianza que bajo RCP8.5/SSP5-8.5, la Amazonía experimentará transformaciones profundas hacia 2050, incluyendo duplicación del área quemada en la Amazonía meridional (hasta 16 % de bosques regionales afectados), conversión de hasta 40 % de bosques amazónicos hacia sabana antes de mediados de siglo, reducción de 9 % (RCP4.5) a 50 % (RCP8.5) en área forestal en la Amazonía oriental, y casi duplicación del área afectada por sequía leve con triplicación de sequía severa (Brando et al., 2020; Duffy et al., 2015; Lyra et al., 2016; Martínez Cano et al., 2022).

Segundo, los impactos socioeconómicos son significativos pero subinvestigados. Las proyecciones disponibles indican reducciones de 37 % (RCP4.5) a 73 % (RCP8.5) en aptitud para cultivo de cacao hacia 2050, afectación de aproximadamente 37 % de áreas protegidas y tierras indígenas, y disminuciones consistentes en áreas climáticamente aptas para especies prioritarias (Arruda et al., 2023; Igawa et al., 2022; Maciel et al., 2021).

Tercero, existe heterogeneidad espacial marcada. La Amazonía oriental y meridional emergen como regiones de mayor vulnerabilidad debido a convergencia de múltiples estresores, mientras que la Amazonía occidental se identifica como refugio potencial para biodiversidad (Duffy et al., 2015; Morais et al., 2024).

Cuarto, las sinergias críticas entre cambio climático y deforestación reducen el umbral de *tipping point* de 3.7–4.0°C (sin deforestación) a 1.5–1.9°C (con 22–28 % de deforestación) (Wunderling et al., 2025). Evitar nueva deforestación podría reducir aproximadamente a la mitad las emisiones netas de incendios hacia 2050 (Brando et al., 2020).

Quinto, múltiples estudios advierten sobre la proximidad de puntos de inflexión que podrían desencadenar transiciones irreversibles de bosque tropical a ecosistemas de sabana, particularmente bajo la combinación de calentamiento superior a 2°C y deforestación acumulada del 20–25 % (Martínez Cano et al., 2022; Wunderling et al., 2025).

Las brechas de conocimiento identificadas son geográficas (subrepresentación de la Amazonía andina, Escudo Guayanés y Amazonía boliviana), metodológicas (escasez de estudios que integren múltiples estresores y modelos socioecológicos) y temáticas (limitada investigación sobre impactos en poblaciones indígenas, servicios ecosistémicos, salud humana y economía regional).

Para la investigación futura, se recomiendan: expansión geográfica hacia regiones subrepresentadas, integración metodológica mediante modelos socioecológicos, investigación participativa con pueblos indígenas, cuantificación de servicios ecosistémicos, reducción de incertidumbre mediante experimentos de campo, identificación de puntos de inflexión y análisis de impactos en salud.

La región amazónica se encuentra en una encrucijada crítica. Las decisiones y acciones tomadas en la presente década determinarán si la Amazonía mantiene su integridad ecológica o si cruza umbrales irreversibles hacia estados degradados de sabana con consecuencias catastróficas para la biodiversidad, el clima y las sociedades humanas. La eliminación de la deforestación, combinada con mitigación climática global agresiva, puede reducir significativamente los riesgos de transiciones irreversibles. La protección de la Amazonía es una prioridad global que requiere cooperación internacional, financiamiento adecuado y acción urgente.

Agradecimientos

El autor agradece al Ing. José Portocarrero por su apoyo y colaboración en la realización de este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la publicación de este artículo.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento específico de agencias de financiamiento en los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

Declaración de Disponibilidad de Datos

Los datos de la revisión están disponibles bajo solicitud razonable al autor correspondiente, pero el código de análisis no se encuentra disponible públicamente.

Referencias

Ammar, W., Groeneveld, D., Bhagavatula, C., Beltagy, I., Crawford, M., Downey, D., Dunkelberger, J., Elgohary, A., Feldman, S., Ha, V., Kinney, R., Kohlmeier, F., Lo, K., Murray, T., Ooi, H.-H., Peters, M. E., Power, J., Skjonsberg, S., Wang, L. L., Wilhelm, C., Yuan, Z., van Zuilen, M., y Zettlemoyer, L. (2018). Construction of the literature graph in *Semantic Scholar*. Preprint. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1805.02262>

- Arruda, D. M., Schaefer, C. E. G. R., Fonseca, R. S., Fernandes-Filho, E. I., y Veloso, G. V. (2023). Amazonian vegetation types and indigenous lands threatened by upcoming climate change: Forecast impact for Brazilian biomes. *Austral Ecology*, 48(6), 1162-1176. <https://doi.org/10.1111/aec.13369>
- Augusiak, J., Van den Brink, P. J., y Grimm, V. (2014). Merging validation and evaluation of ecological models to "evaluation": A review of terminology and a practical approach. *Ecological Modelling*, 280, 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.11.009>
- Bramer, W. M., Rethlefsen, M. L., Kleijnen, J., y Franco, O. H. (2017). Optimal database combinations for literature searches in systematic reviews: A prospective exploratory study. *Systematic Reviews*, 6(1), 245. <https://doi.org/10.1186/s13643-017-0644-y>
- Bennett, N. D., Croke, B. F. W., Guariso, G., Guillaume, J. H. A., Hamilton, S. H., Jakeman, A. J., Marsili-Libelli, S., Newham, L. T. H., Norton, J. P., Perrin, C., Pierce, S. A., Robson, B., Seppelt, R., Voinov, A. A., Fath, B. D., y Andreassian, V. (2013). Characterising performance of environmental models. *Environmental Modelling & Software*, 40, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.09.011>
- Brando, P. M., Soares-Filho, B., Rodrigues, L. A., Assunção, A. C., Morton, D., Tuchsneider, D., Fernandes, E. C. M., Macedo, M. N., Oliveira, U., y Coe, M. T. (2020). The gathering firestorm in southern Amazonia. *Science Advances*, 6(2), eaay1632. <https://doi.org/10.1126/SCIADV.AAY1632>
- Brasil, J., Soares, M. S., Sallum, M. A. M., y Oliveira, T. M. P. (2025). Potential geographic displacement of Chagas disease vectors under climate change. *Medical and Veterinary Entomology*, 39(1), 12-25. <https://doi.org/10.1111/mve.12810>
- Bultan, S., Bathiany, S., Boers, N., Ganzemüller, R., y Gyuleva, G. (2024). Attributing future Amazon forest loss to land-use change and climate change [Preprint]. EGU sphere. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-11932>
- Carvalho, L. M. T., Jones, C., y Silva, A. E. (2024). A changing Amazon rainforest: Historical trends and future projections under post-Paris climate scenarios. *Environmental Research Letters*. <https://doi.org/10.60692/tps6-ht281>
- Duffy, P. B., Brando, P. M., Asner, G. P., y Field, C. B. (2015). Projections of future meteorological drought and wet periods in the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(43), 13172-13177. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1421010112>
- Fonseca, M. G., Alves, L. M., Aguiar, A. P. D., Arai, E., y Anderson, L. O. (2019). Effects of climate and land-use change scenarios on fire probability during the 21st century in the Brazilian Amazon. *Global Change Biology*, 25(9), 2931-2946. <https://doi.org/10.1111/GCB.14709>
- Gomes, V. H. F., Souza, P. F. M., Missaglia, C. C. C., Barnett, A. A., Boubli, J. P., Ferrari, S. F., Lynch Alfaro, J. W., Silva, F. E., Canale, G. R., Messias, M. R., Ravetta, A. L., Gonçalves, E. C., Mittermeier, R. A., y Rylands, A. B. (2024). Conservation challenges for Brazilian primates and the role of protected areas in a changing climate. *Scientific Reports*, 14, 24717. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82717-9>
- Gomes, W. d. B., Correia, F. W. S., Capistrano, V. B., Veiga, J. A. P., y Vergasta, L. A. (2020). Water budget changes in the Amazon basin under RCP 8.5 and deforestation scenarios. *Climate Research*, 81, 159-172. <https://doi.org/10.3354/CR01597>
- Guimberteau, M., Ciais, P., Ducharne, A., Boisier, J. P., y Aguiar, A. P. (2024). Impacts of future deforestation and climate change on the hydrology of the Amazon Basin: A multi-model analysis with a new set of land-cover change scenarios. *Hydrology and Earth System Sciences*. <https://doi.org/10.60692/qa4h3-f3m73>
nexo
- Igawa, T., Toledo, P. M. d., y Anjos, L. J. S. (2022). Climate change could reduce and spatially reconfigure cocoa cultivation in the Brazilian Amazon by 2050. *PLOS ONE*, 17(2), e0262729. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262729>
- Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., y Welch, V. A. (Eds.). (2023). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (ed. 6.4). Cochrane. <https://training.cochrane.org/handbook>
- IPCC. (2010). *Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories* (Informe técnico). Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>

- Kahana, R., Halladay, K., Alves, L. M., Chadwick, R., y Hartley, A. J. (2023). Future precipitation projections for Brazil and tropical South America from a convection-permitting climate simulation [Preprint]. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3581208/v1>
- Kinney, R., Anastasiades, C., Authur, R., Beltagy, I., Bragg, J., Buraczynski, A., Cachola, I., Candra, S., Chandrasekhar, Y., Cohan, A., Crawford, M., Downey, D., Dunkelberger, J., Etzioni, O., Evans, D., Feldman, S., Gorber, J., Gutierrez, D., Hogan, B., Hu, M., King, R., Kuehl, M., Langan, A., Lo, K., Lukasik, J., Magnusson, M., Marx, B., Naik, A., Peters, M. E., Schares, E., Skjonsberg, S., Soldaini, L., Tanaka, O., Treanor, B., Tsagkias, M., Wadden, D., Wang, L. L., Wilhelm, C., y Weld, D. S. (2023). The *Semantic Scholar* open data platform. Preprint. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.10140>
- Lyra, A., Chou, S. C., y Sampaio, G. (2016). Sensitivity of the Amazon biome to high resolution climate change projections. *Acta Amazonica*, 46(2), 175-188. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201502225>
- Maciel, E. A., Oliveira-Filho, A. T., Sobral-Souza, T., Marimon, B. S., y Cupertin-Eisenlohr, M. A. (2021). Climate change forecasts suggest that the conservation area network in the Cerrado-Amazon transition zone needs to be expanded. *Acta Oecologica*, 113, 103764. <https://doi.org/10.1016/j.ACTAO.2021.103764>
- Martínez Cano, I., Shevliakova, E., Malyshev, S., John, J., y Yu, Y. Q. (2022). Abrupt loss and uncertain recovery from fires of Amazon forests under low climate mitigation scenarios. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(31), e2203200119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2203200119>
- Mongeon, P. y Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of *Web of Science* y *Scopus*: A comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213-228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- Morais, I. L. L. d., Lima, A. A. d., Santos, I. N. L. d., Meneses, C. H. S. G., y Silva, R. F. d. (2024). Climate change impact on the distribution of forest species in the Brazilian Amazon. *Sustainability*, 16(8), 3458. <https://doi.org/10.3390/su16083458>
- Mu, Q., Zhao, M., Running, S. W., Kimball, J. S., y McDowell, N. G. (2025). Increasing dry-season vapor pressure deficit in the Amazon Basin: Historical trends, future projections, and links to deforestation. *Environmental Research Communications*, 7(1), 015001. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ae0c5b>
- Ometto, J. P., Kalaba, F. K., Anshari, G. Z., Chacón, N., Farrell, A., Halim, S. A., Neufeldt, H., y Sukumar, R. (2022). Cross-Chapter Paper 7: Tropical Forests. En Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Tignor, M., Poloczanska, E. S., Mintonbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., y Rama, B. (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 2369-2410). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.024>
- 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., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., y Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Priem, J., Piwowar, H., y Orr, R. (2022). *OpenAlex: A fully-open index of scholarly works, authors, venues, institutions, and concepts*. Preprint. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.01833>
- Rammig, A., Liu, D., Zang, C., Fleischer, K., y Papastefanou, P. (2022). Diverging simulated effects of future drought stress on the Amazon rainforest [Preprint]. EGU sphere. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-12669>
- Refsgaard, J. C., van der Sluijs, J. P., Højberg, A. L., y Vanrolleghem, P. A. (2007). Uncertainty in the environmental modelling process: A framework and guidance. *Environmental Modelling & Software*, 22(11), 1543-1556. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2007.02.004>
- Wunderling, N., Sakschewski, B., Rockström, J., Flores, B. M., y Hirota, M. (2025). Pinpointing Amazon forest tipping in global warming and deforestation pathways [Preprint]. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5840795/v1>

Anexo A. Estrategias de Búsqueda Completas

SciSpace

Deep Search (términos conceptuales amplios):

Amazon* climate change 2050 projections ecological impacts

Paper Search (términos específicos):

("Amazon*" OR "Amazonia" OR "Amazon basin") AND ("climate change" OR "global warming" OR "RCP" OR "SSP") AND ("2050" OR "mid-century" OR "2041-2070")

Full Text Search (datos cuantitativos):

Amazon* "2050" ("RCP4.5" OR "RCP8.5" OR "SSP2-4.5" OR "SSP5-8.5") projections

Total recuperado SciSpace: 810 registros.

Google Scholar

Búsqueda 1 (inglés):

"Amazon*" "climate change" "2050" projections RCP SSP

Búsqueda 2 (inglés específico):

"Amazon rainforest" OR "Brazilian Amazon" "climate projections" 2050 "deforestation"

Búsqueda 3 (español):

"Amazonía" OR "Amazonia" "cambio climático" "2050" proyecciones RCP SSP

Total recuperado Google Scholar: 60 registros.

PubMed

((("Amazon"[MeSH Terms] OR "Amazon"[All Fields] OR "Amazonia"[All Fields]) AND ("climate change"[MeSH Terms] OR "climate change"[All Fields] OR "global warming"[All Fields]) AND ("2050"[All Fields] OR "mid-century"[All Fields] OR "2041"[All Fields]))

Total recuperado PubMed: 20 registros.

ArXiv

Amazon climate change 2050 projection forest

Total recuperado ArXiv: 1 registro.

Fuentes Institucionales

Se realizaron búsquedas manuales en:

IPCC AR6 — <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (Cross-Chapter Paper 7: Tropical Forests)

IPAM — <https://ipam.org.br>

INPE — <http://www.inpe.br>

Science Panel for the Amazon — <https://www.theamazonwewant.org>

Nota. La búsqueda se realizó durante enero-marzo de 2026. Los términos de búsqueda se adaptaron a los operadores y funcionalidades específicas de cada plataforma.

Anexo B. Lista de Verificación PRISMA 2020

Sección	Ítem	Estado	Ubicación
Título	1. Identificar el informe como revisión sistemática	Cumplido	Título
Resumen	2. Resumen estructurado	Cumplido	Resumen
Introducción	3. Justificación	Cumplido	Sección 1.1
Introducción	4. Objetivos	Cumplido	Sección 1.2
Métodos	5. Protocolo y registro	Parcial	Sección 2.1
Métodos	6. Criterios de elegibilidad	Cumplido	Sección 2.2
Métodos	7. Fuentes de información	Cumplido	Sección 2.1.1
Métodos	8. Estrategia de búsqueda	Cumplido	Sección 2.1.2 + Anexo A
Métodos	9. Selección de estudios	Cumplido	Sección 2.3
Métodos	10. Extracción de datos	Cumplido	Sección 2.4
Métodos	11. Ítems de datos	Cumplido	Sección 2.4
Métodos	12. Evaluación de riesgo de sesgo	Cumplido	Sección 2.5
Métodos	13. Medidas de efecto	No aplica	No aplica (síntesis narrativa)
Métodos	14. Síntesis de resultados	Cumplido	Sección 2.5
Métodos	15. Evaluación de sesgo de publicación	Cumplido	Sección 2.2.1
Métodos	16. Análisis de certidumbre	Cumplido	Sección 2.5
Resultados	17. Selección de estudios + diagrama	Cumplido	Figura 1
Resultados	18. Características de estudios	Cumplido	Sección 3.1
Resultados	19. Evaluación de riesgo de sesgo	Cumplido	Sección 3.1.3
Resultados	20. Resultados de estudios individuales	Cumplido	Tablas 1 y 2
Resultados	21. Síntesis de resultados	Cumplido	Sección 3.2-3.3
Resultados	22. Sesgo de publicación	Cumplido con limitación declarada	Sección 4.5
Resultados	23. Certidumbre de la evidencia	Cumplido	Tablas 1 y 2
Discusión	24. Interpretación	Cumplido	Sección 4.1
Discusión	25. Limitaciones	Cumplido	Sección 4.2
Discusión	26. Conclusiones	Cumplido	Sección 5
Otros	27. Registro y protocolo	Parcial	Sección 2.1
Otros	28. Apoyo / Financiamiento	Cumplido	Financiamiento
Otros	29. Conflictos de interés	Cumplido	Conflicto de intereses
Otros	30. Disponibilidad de datos	Parcial	Sección 2.1

Anexo C. Formulario de Extracción de Datos

A continuación se presenta la estructura del formulario estandarizado de extracción de datos utilizado en esta revisión sistemática. Los datos extraídos se encuentran sintetizados en las Tablas 1 y 2 del texto principal.

Bloque 1 — Identificación del Estudio

Código de referencia interna: _____

Autor(es): _____

Año de publicación: _____

Título: _____

Revista/Fuente: _____

DOI/URL permanente: _____

Tipo de publicación: Artículo revisado por pares Informe técnico Preprint

Bloque 2 — Características Metodológicas

Diseño del estudio: Modelado climático Modelado vegetación Modelado de nicho

Análisis integrado

Modelos climáticos utilizados (GCMs/RCMs específicos): _____

Escenarios de emisiones: RCP2.6 RCP4.5 RCP8.5 SSP1-2.6 SSP2-4.5 SSP5-8.5

Escenarios de deforestación: Sí No

Período de proyección: Año específico 2050 Rango 2041–2070 Trayectoria temporal

Resolución espacial (km): _____

Bloque 3 — Características Geográficas

Región amazónica: Cuenca completa Amazonía brasileña Oriental Occidental

Meridional Transición Cerrado

Países incluidos: _____

Bloque 4 — Variables de Resultado

Variable(s) ecológica(s) reportada(s): _____

Proyección cuantitativa (valor, unidad, escenario): _____

Variable(s) socioeconómica(s) reportada(s): _____

Proyección cuantitativa (valor, unidad, escenario): _____

Bloque 5 — Evaluación de Calidad

Nivel de confianza reportado: Alto Medio-Alto Medio Bajo

Fuentes de incertidumbre identificadas: _____

Limitaciones metodológicas reportadas: _____

Validación del modelo: Sí No Parcial