

Analysis of the Effect of Deforestation on Soil Erosion in South America: Causal Factors, Impact, and Mitigation Strategie

Maritza Angeli Minaya Loconi¹; Pierre Alexander Velazco Bernal²; Kelly Milena Polo Herrera³; Sara Rita Naupari Montenegro⁴; Marco Antonio Díaz Díaz⁵
^{1,2,3,4,5} Universidad Privada del Norte, Peru, n00313920@upn.pe, n00302884@upn.pe, kelly.polo@upn.edu.pe, sara.naupari@upn.edu.pe, marco.diaz@upn.edu.pe

Abstract– Deforestation in South America has had a significant impact on soil erosion, affecting its stability, fertility, and water retention capacity. Factors such as agricultural expansion, urbanization, indiscriminate logging, and illegal mining have accelerated soil degradation, altering hydrological cycles, generating sediment in water bodies, and causing biodiversity loss. This study analyzes the effects of deforestation on soil erosion in countries such as Colombia, Argentina, Brazil, Ecuador, Peru, and Chile, and proposes mitigation strategies. A systematic literature review was conducted using databases such as Scopus, Redalyc, and Google Scholar, employing keywords related to erosion and deforestation. The results show that deforestation has increased erosion across more than 180 million hectares, with socioeconomic consequences such as decreased agricultural productivity (36% in Argentina), reduced water availability (46 million tons of sediment annually in Brazil), and increased vulnerability of rural communities (40% of the territory in Colombia). The most effective strategies identified include the use of geotextiles, minimum tillage, infiltration terraces, and reforestation with native species. Additionally, the implementation of strict environmental policies and conservation programs has proven to be key in mitigating erosion and restoring degraded soils. Adopting these strategies could enhance ecosystem sustainability, reduce the vulnerability of rural communities, and contribute to the fulfillment of international commitments on conservation, climate change, and sustainable development.

Keywords– Deforestation, Soil erosion, South America, and Environmental management.

Análisis del efecto de la deforestación en la erosión del suelo en Sudamérica: factores causantes, impacto y estrategias de mitigación

Maritza Angeli Minaya Loconi¹; Pierre Alexander Velazco Bernal²; Kelly Milena Polo Herrera³; Sara Rita Naupari Montenegro⁴; Marco Antonio Díaz Díaz⁵

^{1,2,3,4,5} Universidad Privada del Norte, Perú, n00313920@upn.pe, n00302884@upn.pe, kelly.polo@upn.edu.pe, sara.naupari@upn.edu.pe, marco.diaz@upn.edu.pe

Resumen – La deforestación en Sudamérica ha tenido un impacto significativo en la erosión del suelo, afectando su estabilidad, fertilidad y capacidad de retención de agua. Factores como la expansión agropecuaria, la urbanización, la tala indiscriminada y la minería ilegal han acelerado la degradación del suelo, alterando los ciclos hidrológicos, generando sedimentos en cuerpos de agua y pérdida de biodiversidad. Este estudio analiza los efectos de la deforestación en la erosión del suelo en países como Colombia, Argentina, Brasil, Ecuador, Perú y Chile, y propone estrategias de mitigación. Se realizó una revisión sistemática de literatura en bases de datos como Scopus, Redalyc y Google Académico, utilizando palabras clave relacionadas con erosión y deforestación. Los resultados evidencian que la deforestación ha incrementado la erosión en más de 180 millones de hectáreas, con consecuencias socioeconómicas como la disminución de la productividad agrícola (36% en Argentina), la reducción de la disponibilidad de agua (46 millones de sedimentos anuales en Brasil) y el aumento de la vulnerabilidad de las comunidades rurales (40% del territorio en Colombia). Entre las estrategias más efectivas se incluyen el uso de geotextiles, labranza mínima, terrazas de infiltración y reforestación con especies nativas. Asimismo, la aplicación de políticas ambientales estrictas y programas de conservación ha demostrado ser clave para mitigar la erosión y restaurar suelos degradados. La adopción de estas estrategias podría fortalecer la sostenibilidad de los ecosistemas, reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales y contribuir al cumplimiento de compromisos internacionales en materia de conservación, cambio climático y desarrollo sostenible.

Palabras clave– Deforestación, erosión del suelo, Sudamérica y gestión ambiental

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación explora los estudios relacionados con los impactos de la deforestación en Sudamérica y su vínculo con la erosión del suelo. La deforestación, definida como la transformación de los bosques en otros usos del suelo, ya sea por causas humanas o naturales [1] acelera la erosión al dejar el suelo más expuesto y vulnerable. Cada año, millones de hectáreas de bosques son destruidas, lo que equivale a la desaparición de un área del tamaño de un campo de fútbol cada dos segundos. Este ritmo alarmante alcanza aproximadamente 17 millones de hectáreas

anuales, superando incluso la extensión combinada de Inglaterra, Gales e Irlanda del Norte [2].

Los impactos negativos de la deforestación sobre el medio ambiente son significativos, destacándose la erosión del suelo y la pérdida de hábitats como los más críticos. La desaparición de la vegetación que protege el suelo no solo degrada los ecosistemas, sino que también reduce la biodiversidad y altera los ciclos hidrológicos [3].

En Sudamérica, la tala ilegal y la gestión inadecuada de los recursos forestales han intensificado estos problemas, provocando una pérdida significativa de especies nativas y un desequilibrio ambiental que compromete la sostenibilidad de los ecosistemas afectados [3]. Ejemplos concretos incluyen la cuenca Shocol en Perú, donde la erosión hídrica ha afectado la calidad del suelo, disminuyendo la productividad agrícola y la biodiversidad [4]. También, en la cuenca del río Magdalena, en Colombia, se observó un aumento del 34% en las tasas de erosión entre 1980 y 2010, directamente relacionado con la pérdida de cobertura forestal [5].

Asimismo, en la Selva Paranaense, que se extiende por regiones de Argentina, Brasil y Paraguay, las transformaciones en el uso del suelo, impulsadas principalmente por la expansión de la agricultura y la ganadería, han ocasionado una notable disminución de los servicios ecosistémicos esenciales. Este ecosistema, uno de los más ricos en biodiversidad a nivel global, ha experimentado una significativa pérdida de su cobertura vegetal original, lo que ha impactado negativamente en las funciones vitales como la regulación del ciclo hídrico, la protección de la biodiversidad y el almacenamiento de carbono. La fragmentación de los bosques ha originado efectos en cadena, reduciendo la conectividad entre los hábitats y debilitando la capacidad de adaptación de las especies ante los cambios ambientales. Además, la degradación del suelo en estas áreas ha incrementado el arrastre de sedimentos hacia los cuerpos de agua, lo que deteriora la calidad del recurso hídrico y afecta directamente a las comunidades locales, quienes dependen de estos para la agricultura y el consumo diario [6].

La erosión del suelo implica la pérdida de la capa superficial, que es la más rica en nutrientes, lo que afecta la fertilidad y facilita la dispersión de sedimentos hacia otras

áreas. Estos sedimentos pueden obstruir embalses, causar inundaciones y degradar ríos y arroyos, afectando tanto a los ecosistemas naturales como a las comunidades humanas que dependen de estos recursos [7].

La deforestación y la erosión del suelo representan desafíos críticos para la sostenibilidad ambiental y el bienestar humano en Sudamérica. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la deforestación es la principal causa de degradación del suelo en América Latina y el Caribe, donde más del 65% de la tierra agrícola presenta algún grado de degradación [1]. Estos problemas generan múltiples consecuencias, desde la disminución de la fertilidad del suelo hasta fenómenos como la sedimentación de cuerpos de agua y las inundaciones. En este contexto, resulta esencial identificar las actividades que contribuyen a la degradación del suelo y diseñar estrategias para mitigar sus efectos. La implementación de prácticas de manejo sostenible y la reforestación con especies nativas se presentan como soluciones clave para reducir la erosión y restaurar ecosistemas degradados [4].

El objetivo general de esta investigación es analizar los impactos de la deforestación en la erosión del suelo en algunos países de Sudamérica. Se establecieron los siguientes objetivos específicos: Evaluar los principales factores e impactos que impulsan la deforestación en Sudamérica y como estos afectan la erosión del suelo y Proponer estrategias y medidas empleadas en la mitigación de los impactos negativos de la deforestación en la erosión del suelo. En este contexto, la pregunta de investigación es: ¿Cuáles son los efectos de la deforestación en la erosión del suelo en Sudamérica y qué medidas de manejo sostenible pueden reducir su impacto?

II. METODOLOGÍA

Para examinar los impactos de la deforestación en Sudamérica y su relación con la erosión del suelo, así como sus factores impulsores, impactos ambientales y la propuesta de medidas y estrategias para mitigar sus efectos, se realizó una Revisión Sistemática tomando como referencia la adaptación del Protocolo Prisma [8]. Dado el enfoque del estudio, se adoptó una metodología de revisión sistemática, siguiendo las pautas y estándares definidos en la declaración PRISMA [9]. Para la realización de la revisión sistemática, se utilizaron bases de datos que ofrecen una variedad de recursos de información, incluidos repositorios científicos como Scielo, Dialnet, Elsevier, Scopus, Redalyc, ScienceDirect y Proquest., utilizando palabras clave como "deforestación", "erosión de suelo", "Sudamérica" y "gestión ambiental".

Tras una exhaustiva búsqueda utilizando términos clave, se recopiló un conjunto de artículos que fueron sometidos a un proceso de selección basado en criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión se centraron en la relevancia de los estudios, así como en la solidez de sus bases teóricas y experimentales, asegurando que se alinearan con el objetivo de investigación. En cuanto a los criterios de exclusión,

se desestimaron estudios publicados antes del 2013 para garantizar que la información fuera lo más reciente posible, aquellos en idiomas de difícil traducción, o con fuentes no verificadas. Además, se evitaron investigaciones redundantes, metodológicamente deficientes o que se centraran en regiones no pertinentes. No obstante, se decidió conservar información del 2013 por su importancia en el análisis de los patrones de deforestación en Sudamérica, lo cual permite enriquecer el enfoque comparativo y contextualizar los cambios observados en los últimos años.

Podemos observar que la mayoría de los artículos redactados son en idioma español e inglés, los cuales fueron tomados por su facilidad de comprensión a comparación de otros idiomas.

La Fig. 1 describe el proceso de búsqueda y selección de estudios en una revisión sistemática, abarcando desde la identificación inicial hasta la inclusión final, y destacando los criterios de exclusión y las etapas de análisis.

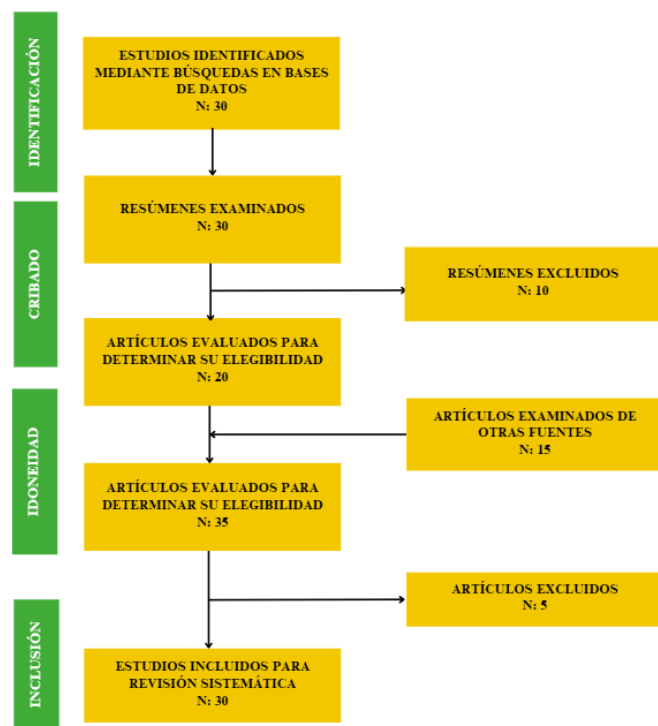


Fig. 1 Flujograma de búsqueda

La Fig. 2, contabiliza la cantidad de artículos excluidos por distintos motivos: no estar disponibles en texto completo, no abordar específicamente la erosión de suelo y no incluir datos empíricos. Los estudios seleccionados fueron revisados en su totalidad para verificar su pertinencia y calidad. Posteriormente, se extrajeron y resumieron los datos relevantes de cada artículo, con un enfoque particular en las metodologías utilizadas, los resultados obtenidos y las recomendaciones.

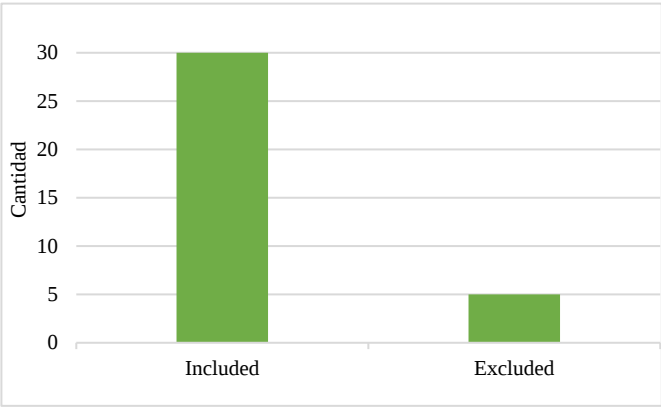


Fig. 2 Cantidad de artículos
Selección de artículos

Luego de la primera fase se enfocó la búsqueda, teniendo en cuenta las variables más relevantes. Como se muestra en la Tabla I, se verificaron los datos tales como: “Base de datos”, “Título de Investigación”, “Año”, “Autores” y “País”. Con el fin de aprovechar toda la información recopilada, se realizó un análisis de las fuentes, considerando únicamente la información actual y alineada con el objetivo del estudio.

TABLA I
ARTÍCULOS SELECCIONADOS

N°	Base de datos	Autores	País	Año	Título
1	Scielo	Tello, D.S., & De Prada	Argentina	2021	Evolución histórica de los factores y cambios en el área del bosque de caldén en la provincia de Córdoba, Argentina.
2	Scielo	Palacios Orejuela, Iván, Ushiña, Dennis, & Carrera Villacrés, David.	Ecuador	2020	Técnicas SIG para recuperación de suelos cangahuosos, con fines de agricultura comunitaria en el ilaló
3	Scielo	Camacho Peña, John Fredy	Colombia	2022	Análisis de regresión logística aplicado al modelamiento espacial de las causas de deforestación en el departamento del Guaviare durante el periodo 2005-2020 y proyección de escenarios

					de deforestación a 2030
4	Scielo	Instituto Nacional de Investigación es Forestales, Agrícolas y Pecuarias.	México	2023	Evaluación del efecto de obras de conservación en suelos forestales de Tlaxcala, México
5	Dialnet	Montenegro-Gómez, Sandra Patricia, Nieto-Gómez, Libia Esperanza, & Giraldo-Díaz, Reinaldo	Colombia	2022	Efecto de prácticas agroecológicas en la conservación del suelo de la Zona de Reserva Campesina de San Isidro, Prádera, Valle del Cauca
6	Dialnet	Jaime Antipatro Orantes Caravantes	Guatemala	2024	Efectividad de proyectos de reforestación en territorios de alto riesgo por el cambio climático en Latinoamérica.
7	Redalyc	Susana Anda Basabe, Sara Sara Gómez de la Torre, Eduardo Bedoya Garland	Ecuador	2017	Estrategias productivas familiares, percepciones y deforestación en un contexto de transición forestal: el caso de Tena en la Amazonía ecuatoriana
8	Redalyc	Kumar, Monu, Rinku Kumar, Vikash Singh, Stuti Maurya, AH Kalhapure y Dinesh Sah	India	2024	Efecto de la labranza cero en las propiedades del suelo, la dinámica de las malezas y el rendimiento del garbanzo bajo el sistema de cultivo arroz-garbanzo: una revisión
9	Scopus	Márquez, BK, Delgado, E.F., Pérez, RJ, López, FR	Venezuela	2014	Determinación de zonas de conservación de suelos. Cuenca alto

					río uribante, estados mérida y táchira- Venezuela
10	Scopus	Yela-Lara, S.-D.-M., Baca-Gamboa, A.-E.	Colombia	2023	Dinámica del cambio de cobertura del suelo y su impacto en el sector sureste de Pasto, Colombia
11	Scopus	Castaña, D., Souza, AP, Vendrúsculo, LG, Zolin,	Brasil	2024	Riesgo de deforestación en áreas del Cerrado brasileño
12	Scopus	Garcés-Ordóñez, O., Ríos-Mármol, M., Vivas-Aguas, L.-J., Romero-D'Achiardi, D., Canals, M.	Colombia	2023	Degradation factors and their environmental impacts on the mangrove ecosystem of the Mallorquin Lagoon, Colombian Caribbean
13	Scopus	Restrepo, J., Hoyos, N., Restrepo, J.	Colombia	2023	Spatial and temporal dynamics of deforestation in Riosucio and Río Quito municipalities, Chocó, Colombia
14	Scopus	Briceño, NBR, Castillo, EB, Quintana, J.L.M., Cruz, SMO, López, RS	Perú	2019	Deforestación en la Amazonía peruana: Cambios en Índices de Cobertura/Us o del Suelo (LC/LU) basados en SIG
15	Scopus	Barbosa, WCDS, Guerra, AJT, Valladares, GS	Brasil	2024	Modelación de la erosión del suelo utilizando la ecuación universal revisada de pérdida de suelo y un sistema de información geográfica en una cuenca del Cerrado Nordeste de Brasil

16	Scopus	Riquetti, N.B., Mello, C.R., Leandro, D., Guzman, J.A., Beskow, S.	Brazil	2022	Assessment of the soil-erosion-sediment for sustainable development of South America
17	Scopus	Miluska A. Rosas, Ronald R. Gutierrez	Perú	2020	Assessing soil erosion risk at national scale in developing countries: The technical challenges a proposed methodology and a case history
18	Scopus	Felipe Aburto, Eduardo Cartes, Oscar Mardones, Rafael Rubilar	Chile	2020	Hillslope soil erosion and mobility in pine plantations and native deciduous forest in the coastal range of south-Central Chile
19	Sciense direct	Ministry of Agriculture, Food Security and Cooperatives, Agriculture	Tanzania	2015	Impactos de la labranza de conservación en el suelo, los cultivos y el medio ambiente

Finalmente, se efectuó una búsqueda preliminar mediante la combinación de palabras claves con el objetivo de identificar un conjunto inicial de artículos relevantes. Se empleó la siguiente cadena de búsqueda utilizando palabras clave como: (“deforestación” AND “erosión”), (“Sudamérica” AND “suelos” AND “impactos”), (“Sedimentación” AND “degradación”), (“Agricultura” AND “fertilidad de suelos” OR “productividad agrícola”) para afinar los resultados.

La metodología aplicada en esta investigación ha permitido recopilar, analizar y sintetizar información relevante sobre los impactos de la deforestación en la erosión del suelo en Sudamérica. A través de un enfoque sistemático y riguroso, se seleccionaron estudios que aporten evidencia sólida y actualizada sobre las dinámicas de deforestación y sus efectos en los ecosistemas. Este proceso metodológico garantiza la validez de los hallazgos, que servirán de base para proponer estrategias de manejo sostenible y políticas efectivas que mitiguen los impactos negativos en la región, contribuyendo así al desarrollo sostenible y la conservación.

III. RESULTADOS

La deforestación es un problema ambiental grave que afecta a un gran sector de Sudamérica, impulsado por actividades como la expansión agropecuaria, la urbanización y la tala indiscriminada. La eliminación de la cobertura vegetal deja los suelos expuestos a la erosión, lo que altera su estructura, reduce su fertilidad y afecta los ecosistemas. Además, este proceso genera impactos en los ciclos hidrológicos, la biodiversidad y las comunidades [6]. A continuación, se analizará los principales factores e impactos de la deforestación en la erosión del suelo en distintos países de Sudamérica.

A. Factores e Impactos de la deforestación que incrementan la erosión del suelo en Sudamérica.

En Pueblo Bello, Colombia, la deforestación ha intensificado la erosión del suelo, principalmente por la expansión de la ganadería extensiva, la agricultura no planificada, la tala y la minería ilegal [10]. La pérdida de cobertura vegetal reduce la estabilidad del suelo, aumentando su vulnerabilidad a la compactación y la escorrentía superficial, lo que acelera los procesos erosivos y disminuye su fertilidad [10]. Como consecuencia, se evidencia una mayor sedimentación en cuerpos de agua, alteraciones en los ciclos hidrológicos y un aumento en la frecuencia de inundaciones, afectando la biodiversidad y la resiliencia ecosistémica [11]. Además, la degradación del suelo facilita la ocupación de territorios por economías ilícitas, intensificando conflictos socioambientales y limitando la capacidad de gestión del Estado en zonas rurales [11]. En 2015, Colombia presenta una degradación por erosión en el 40 % de su superficie continental e insular, equivalente a 45.379.058 millones hectáreas (ha) [12].

En algunas provincias del norte y centro de Argentina, la deforestación ha sido impulsada por la expansión de la frontera agropecuaria, el avance de cultivos intensivos, el sobrepastoreo y la simplificación de los sistemas productivos. Esta pérdida de vegetación ha aumentado la vulnerabilidad del suelo a la erosión hídrica [13]. Debido a ello, se ha registrado un aumento del escurrimiento superficial, pérdida de materia orgánica y nutrientes esenciales, así como la sedimentación en ríos y embalses, lo que compromete la productividad agrícola. En 2019, la erosión hídrica ocupa un 36 % del territorio nacional, lo que representa 100 millones de ha, distribuidas en áreas agrícolas de la región húmeda y subhúmeda [14]. Además, la degradación del suelo ha generado consecuencias socioeconómicas significativas, como el desplazamiento de comunidades rurales y el aumento de la vulnerabilidad ante inundaciones y sequías [13].

En la amazonia de Ecuador, uno de los principales factores que impulsa la deforestación en este país es la expansión agrícola debido a la gran demanda que tiene. La urbanización, la cría de ganado y el crecimiento demográfico acelerado lo que han generado que la pérdida forestal [15] alcance el 48,6% en las últimas décadas y entre 2008 y 2014 se deforestaron 47.497

ha [16]. Esto ha producido impactos significativos, como la aceleración de la erosión del suelo, la reducción de su fertilidad y un mayor riesgo de desertificación. Además, esto ha provocado la pérdida de biodiversidad, el cambio climático, la degradación del suelo y un incremento en el riesgo de incendios forestales [16].

En la cuenca baja del río Acre, Brasil, la deforestación está impulsada por varios factores como la expansión agrícola y ganadera. En el Municipio de Bocado Acre los bosques se han convertido muy rápidamente en pastizales, alcanzando los valores de 1045 km² a 2306 km² entre el 2018 y el 2021; por otro lado, la construcción de carreteras también ha contribuido a la pérdida de hectáreas de bosques [17]. Esta conversión de bosques a pastizales ha provocado un impacto negativo en el suelo, produciendo que la compactación del suelo por el pastoreo dificulte la infiltración del agua aumentando la escorrentía superficial y la erosión [18]. Por otro lado, en la región baja Rio Acre se pierde 386.422 ha de bosques en pastizales por año, produciendo 46 millones de toneladas de sedimentos anuales, produciendo la aceleración de los procesos erosivos y afectando la fertilidad del suelo [17].

En la Amazonia Peruana, la deforestación alcanzó la cifra de 24,593 ha en los últimos 120 años, con una tasa anual de 204,45 ha/año, generando impactos significativos en la erosión del suelo de la región. La cobertura vegetal perdida ha incrementado la erosión hídrica con tasas que varían entre 0.01 y 30 ha/año, siendo más severas en terrenos con pendientes mayores al 70% [19]. Por otro lado, el transporte de sedimentos causó la colmatación de ríos, el taponamiento de sumideros y el aumento de inundaciones en zonas agrícolas. Actualmente, 14,307 ha de suelos forestales y de protección están degradadas, lo que evidencia la necesidad urgente de implementar estrategias de reforestación, conservación y regulación del uso del suelo para mitigar estos efectos [20]. La erosión del suelo es impulsada por diversos factores que agravan la degradación ambiental. Entre ellos se incluye a la expansión agrícola y ganadera ya que juegan un papel determinante en el cambio de uso del suelo para cultivos y pastizales, esto reduce la cobertura vegetal, dejando el suelo expuesto a la erosión hídrica. Asimismo, el pastoreo extensivo compacta el suelo, disminuye su capacidad de infiltración y acelera la pérdida de nutrientes [19].

En San Pedro de Melipilla, Chile, los procesos erosivos son consecuencia de prácticas agrícolas ineficientes, ganadería intensiva y deforestación, hechos que se intensificaron durante la segunda mitad del siglo XX; estos procesos tuvieron un impacto más intenso debido a la inexistencia de procesos de deposición, así como a sus condiciones climáticas [21]. Aproximadamente 36,5 millones de ha presentan algún grado de erosión, lo que equivale al 48,7% del territorio nacional. De esta superficie, 18,1 millones de ha se encuentran clasificadas en niveles de erosión severa o muy severa [22]. Por otro lado, se estima que 1,4 millones de ha presentan degradación biológica, caracterizada por bajos niveles de materia orgánica. Esta condición se observa principalmente en los sectores de

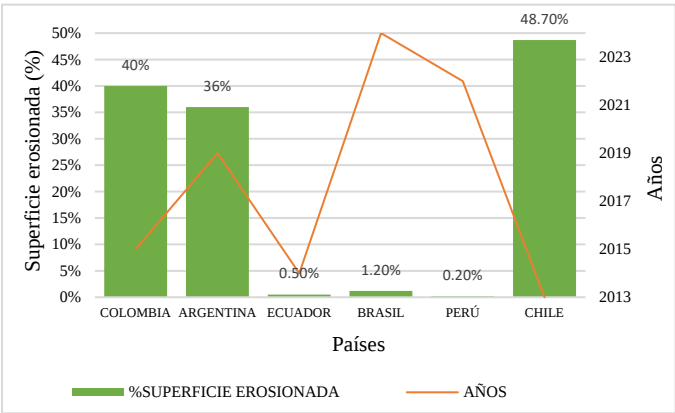
cordillera, precordillera y valles de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, donde el contenido promedio de materia orgánica en el suelo no supera el 1,5% [22].

La Tabla II presenta una recopilación de la superficie afectada por erosión en distintos países de Sudamérica, expresada en hectáreas, estos valores se obtuvieron a partir de estudios previos analizados en esta investigación y reflejan la magnitud del problema en diferentes períodos [12] [14] [16] [17] [20] [22].

TABLA II
 VALORES EN HECTÁREAS Y PORCENTAJE SEGÚN LA
 EROSIÓN ANUAL EN PAÍSES DE SUDAMÉRICA

País	Año	Erosión (ha)	Porcentaje de erosión
Colombia	2015	45 379 058	40%
Argentina	2019	100 000 000	36%
Ecuador	2008 - 2014	47 497	0.50%
Brasil	2024	386 422	1.20%
Perú	2022	14 307	0.20%
Chile	2013	36 500 000	48.70%

Además de la información tabulada, la Fig. 3 presenta una comparación visual del porcentaje de territorio erosionado en los países estudiados de Sudamérica. Este gráfico permite observar con mayor claridad la magnitud relativa del problema en cada contexto nacional.



Superficie erosionada
 Fig. 3 Porcentaje de superficie erosionada en
 los países de Sudamérica.

A pesar de las diversas iniciativas implementadas en varios países de Sudamérica para frenar la deforestación y mitigar la erosión del suelo, persisten desafíos significativos, como la insuficiencia de financiamiento, el avance de las actividades económicas extractivas y la poca aplicación de normativas ambientales. A pesar de que los programas de restauración ecológica, los incentivos económicos y las regulaciones han contribuido a reducir la deforestación y la erosión del suelo, su eficacia a largo plazo dependerá de la capacidad de los gobiernos para fortalecer su implementación, garantizar el

cumplimiento de las normativas ambientales y promover un uso sostenible del suelo en las actividades productivas [23].

B. Estrategias y medidas recomendadas para mitigar la erosión
 del suelo en Sudamérica.

1) Técnicas de geotextiles de yute de trama abierta (JGT)

Para poder contrarrestar la erosión de suelos en los casos analizados, como en las zonas degradadas por deforestación en la región del Cerrado brasileño y en áreas agrícolas erosionadas de la Pampa argentina, se podría aplicar una malla biodegradable de fibras naturales de yute sobre la superficie del suelo para controlar la erosión y estabilizar laderas. Su estructura de trama abierta permite el paso del agua y facilita el crecimiento de la vegetación a través de la malla, lo que contribuye a la fijación del suelo a largo plazo. Al reducir la velocidad del escurrimiento superficial, disminuye significativamente la pérdida de suelo y nutrientes, mientras que su descomposición gradual enriquece el suelo con materia orgánica, mejorando su fertilidad. Esta técnica es económica, fácil de aplicar y respetuosa con el medio ambiente en comparación con los geotextiles sintéticos, que tienen un mayor costo y generan residuos no biodegradables o con muros de contención, cuya implementación requiere mayor inversión y alteración del terreno, lo que la convierte en una opción sostenible para la rehabilitación de terrenos erosionados [24].

2) Labranza mínima o cero labranzas (No-till y control
 de la erosión)

En las áreas estudiadas la práctica de labranza convencional ha intensificado la erosión de suelo, por ello esta técnica es ampliamente practicada para reducir la erosión del suelo. También se conoce como no-till, labranza reducida o labranza de conservación, dependiendo del grado de alteraciones mecánicas y la cantidad de residuos que permanecen en la superficie. Esta práctica permite la retención de residuos en la superficie del suelo y es uno de los tres componentes de la Agricultura de Conservación (la mínima alteración del suelo, la cobertura permanente del suelo y la diversificación de cultivos) [25].

3) Terrazas y zanjas de infiltración

La deforestación ha provocado la pérdida de suelos en regiones como la Amazonía peruana, el Cerrado brasileño y la Pampa argentina, aumentando la escorrentía y la erosión en terrenos con pendientes pronunciadas. En estos casos la barrera estructural funciona dividiéndose las pendientes en escalones horizontales, reduciendo la velocidad del escurrimiento del agua y minimizando la erosión del suelo. Este sistema permite una mayor infiltración del agua, evitando la pérdida de nutrientes y mejorando la humedad disponible para los cultivos. Además, al disminuir la energía del agua que fluye ladera abajo, previene la formación de cárcavas y el arrastre de sedimentos.

Por ello, las terrazas son una técnica clave para el manejo sostenible del suelo y la conservación del agua en regiones propensas a la erosión [25].

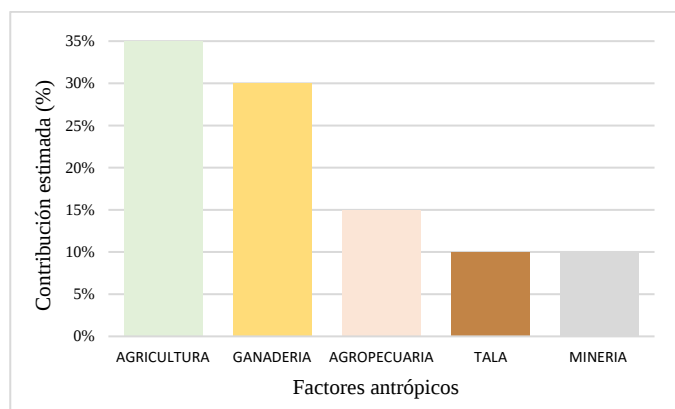
4) Cobertura vegetal

En las zonas evaluadas, la eliminación de la vegetación ha dejado el suelo expuesto a la erosión hídrica, por ello una técnica efectiva son las coberturas de leguminosas que desempeñan un papel fundamental en la conservación del suelo, ya que protegen su estructura superficial al amortiguar el impacto de las gotas de lluvia, evitando así su degradación. Además, favorecen la infiltración del agua, reduciendo la escorrentía y minimizando el arrastre de partículas, lo que contribuye a la estabilidad del suelo. Adicionalmente, estas plantas aportan grandes cantidades de materia orgánica tras su ciclo de vida o cuando son cortadas, lo que promueve la acumulación de ácidos húmicos en el suelo. Estos compuestos son esenciales para la mejora de sus propiedades físicas y químicas, optimizando su fertilidad y capacidad de retención de nutrientes [26].

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que la deforestación ha provocado la pérdida de aproximadamente 180 millones de hectáreas en Sudamérica, intensificando la erosión del suelo y afectando su estabilidad. La eliminación de la cobertura vegetal ha reducido la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, aumentando la escorrentía superficial y la sedimentación en cuerpos de agua. Aunque los procesos de degradación varían entre estos países, dependiendo de factores como el tipo de suelo, las condiciones climáticas y las actividades humanas predominantes, de este modo presentan una relación directa entre la pérdida de cobertura vegetal y el deterioro de la estabilidad del suelo, lo que genera impactos ambientales, económicos y sociales representativos.

La Fig. 4 sintetiza los sectores productivos que contribuyen en mayor medida a la deforestación en Sudamérica, según los estudios revisados. Estos factores son claves para entender las causas estructurales de la erosión del suelo.



Factores antrópicos
Figura 4. Principales factores antrópicos
causantes de la deforestación en Sudamérica

En Colombia, la deforestación ha afectado el 40 % de la superficie continental e insular (45.379.058 ha), debido a la expansión ganadera, la agricultura no planificada y la minería ilegal [12]. La eliminación de la vegetación ha incrementado la compactación del suelo y la escorrentía superficial, favoreciendo la sedimentación en cuerpos de agua y la pérdida de fertilidad del suelo [10]. Situaciones similares se observan en Argentina, donde la frontera agropecuaria en expansión y el sobrepastoreo han generado la erosión del 36 % del territorio nacional (100 millones de ha), afectando la productividad agrícola y alterando los ciclos hidrológicos [14].

En Ecuador y Brasil, la deforestación ha sido impulsada principalmente por la conversión de bosques en áreas agrícolas y ganaderas. En Ecuador, la cobertura forestal se ha reducido en un 48,6 % en las últimas décadas, afectando 47.497 ha entre el 2008 y el 2014 [16]. Este proceso ha acelerado la erosión, reduciendo la fertilidad del suelo y aumentando el riesgo de desertificación [16]. Brasil, por su parte, ha experimentado una conversión acelerada de bosques en pastizales, especialmente en la región baja del río Acre, donde la pérdida anual de 386.422 ha genera 46 millones de toneladas de sedimentos, afectando la estructura del suelo y la calidad del agua [17].

En el caso de Perú se muestra un patrón parecido, con una deforestación acumulada de 24.593 ha en los últimos 120 años, lo que ha incrementado la erosión hídrica y la colmatación de ríos [19]. Mientras que, en Chile la erosión del suelo afecta el 48,7 % del territorio nacional (36,5 millones de ha), impulsada por prácticas agrícolas ineficientes y la intensificación ganadera [22]. Esta degradación ha reducido la materia orgánica del suelo, afectando su capacidad de retención de agua y nutrientes [21].

Los hallazgos de este trabajo de investigación demuestran que se ha perdido más de 180 millones de hectáreas de bosques y cobertura vegetal, lo que ha intensificado la erosión del suelo, afectando no solo la estabilidad edáfica, sino también los ciclos hidrológicos, la biodiversidad y la seguridad alimentaria en estos países [11]. En regiones como la Amazonía peruana y brasileña, la eliminación de la vegetación ha reducido la estabilidad del suelo, incrementando la sedimentación en cuerpos de agua y afectando la disponibilidad hídrica para actividades agrícolas y el consumo humano. Además, la reducción de la capacidad de infiltración del suelo y el aumento del escurrimiento superficial generan impactos negativos en la disponibilidad de recursos hídricos y en la productividad agrícola [24].

V. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió analizar los impactos de la deforestación en la erosión del suelo en Sudamérica, evidenciando que la eliminación de la cobertura vegetal es un factor determinante en la degradación del suelo, afectando su estabilidad, fertilidad y capacidad de retención de agua.

Se identificó que los principales factores que generan la deforestación en Sudamérica incluyen la expansión agropecuaria, la urbanización, la minería ilegal y la tala indiscriminada. Estos factores han acelerado la erosión del suelo al incrementar la escorrentía superficial y la pérdida de nutrientes esenciales, produciendo consecuencias ambientales como la sedimentación de cuerpos de agua, que reduce su capacidad y calidad, afectando la vida acuática y el abastecimiento de agua para consumo humano y agrícola. Además, las alteraciones en los ciclos hidrológicos pueden provocar sequías más prolongadas o inundaciones más frecuentes, mientras que la disminución de la biodiversidad conlleva la pérdida de diversas especies para el equilibrio ecológico y de los ecosistemas.

Desde una perspectiva socioeconómica, la erosión del suelo inducida por la deforestación ha afectado la productividad agrícola, aumentado la vulnerabilidad de las comunidades rurales ante eventos climáticos extremos y generando conflictos por el uso del territorio. La disminución de la capacidad productiva del suelo reduce el rendimiento agrícola, afecta la disponibilidad de cultivos esenciales y genera pérdidas económicas para los productores, lo que compromete la seguridad alimentaria y la estabilidad económica en estos países.

El análisis de estrategias y medidas de mitigación permitió identificar soluciones efectivas para reducir la erosión del suelo, entre las que destacan el uso de geotextiles biodegradables, la labranza mínima, la construcción de terrazas y zanjas de infiltración, así como la implementación de coberturas vegetales con especies nativas.

En cuanto a los geotextiles, un estudio del Ministerio de Agricultura, Seguridad Alimentaria y Cooperativas de Tanzania resalta las propiedades físicas y mecánicas del yute tratado, señalando que su resistencia a la tracción puede incrementarse significativamente mediante el uso de aditivos naturales. Esta característica resulta crucial para su aplicación en la protección de riberas fluviales y el control de la erosión en diversos entornos geográficos, especialmente donde los métodos tradicionales no son suficientes [27]. Respecto a la labranza cero, el Departamento de Agronomía de la Universidad de Agricultura y Tecnología de Banda destaca que esta práctica, parte de la agricultura de conservación, favorece el almacenamiento de carbono en el suelo y contribuye de manera notable a la reducción de la erosión. Esto se logra al mantener la superficie del terreno cubierta con residuos de cultivos, lo que disminuye la pérdida de suelo en comparación con la labranza convencional, como ha sido demostrado en múltiples investigaciones previas [28]. Por su parte, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México ha evidenciado que las obras de conservación, como las terrazas construidas con piedra, mejoran las condiciones del suelo al incrementar su fertilidad y favorecer la producción vegetal. Estas estructuras capturan el agua y reducen la escorrentía, lo que resulta esencial en zonas propensas a la erosión. Asimismo, la instalación de zanjas facilita la infiltración del agua,

promoviendo el desarrollo de una vegetación más robusta [29]. Finalmente, la Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos de Guatemala subraya la eficacia de los proyectos de reforestación que utilizan especies nativas. En sus estudios, se observó un incremento del 50 % en la cobertura forestal y un aumento del 25 % en la diversidad florística en comparación con los proyectos que emplean especies exóticas, lo que refuerza la importancia de la restauración ecológica con vegetación autóctona para lograr resultados sostenibles y adaptados al entorno [30].

Estas técnicas pueden aplicarse en regiones de alta vulnerabilidad como la Amazonía peruana y ecuatoriana, donde la deforestación ha reducido la estabilidad del suelo, también, en el Cerrado brasileño y la Pampa argentina donde la agricultura intensiva ha acelerado la erosión y en las zonas montañosas de los Andes en Colombia y Chile donde las pendientes pronunciadas favorecen la pérdida de suelo. Su implementación en otras circunstancias ha demostrado ser eficaz para conservar el suelo, mejorar su fertilidad y reducir el impacto de la escorrentía en estas áreas críticas.

Dado el impacto significativo de la deforestación en la erosión del suelo, es fundamental continuar promoviendo el uso de técnicas de conservación edáfica que permitan reducir la degradación del suelo y mejorar su capacidad productiva. La restauración de áreas afectadas mediante estrategias sostenibles contribuirá a la recuperación de los ecosistemas y la resiliencia de los suelos en Sudamérica.

VI. REFERENCIAS

- [1] FAO, El estado de los bosques del mundo 2018., 2018.
- [2] R. Garciglia, Deforestación, Revista de divulgación de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2014, pp. 31 - 32.
- [3] R. Alonso , J. Cano, R. Quispe y K. Santa Cruz, «EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y SU IMPLICANCIA EN LA AMAZONIA PERUANA. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA,» vol. 5, n° 12, pp. 288 - 305, 2024.
- [4] F. Palomino y L. López, «Impactos de la deforestación y erosión hídrica de suelos en la cuenca Shocol - Amazonas,» Revista de la Escuela Universitaria de Posgrado, vol. 2, n° 1, 2023.
- [5] J. D. Restrepo, El impacto de la deforestación en la erosión de la cuenca del río Magdalena, 2015.
- [6] L. Zulaica, P. Vazquez y J. P. Celemin, «SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011,» R. RA'e Ga, vol. 34, pp. 167 - 192, 2015.
- [7] Detengamos la erosión del suelo para garantizar la seguridad alimentaria en el futuro., 2019.
- [8] Moher et al, «Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement,» PLOS Medicine, vol. 6, n° 7, 2009.
- [9] Moher et al, «Ítems de referencia para publicar Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis: La Declaración PRISMA,» Esp Nutr Hum Diet, vol. 18, n° 3, 2014.
- [10] A. Del Toro, B. Petro, A. López, I. Pérez y J. Villadiego, «Variación de las coberturas y usos del suelo del municipio de Pueblo Bello - Cesar en los años 2003, 2014 y 2024, a partir de la vocación y capacidad de uso del suelo y su relación con los conflictos de uso de suelo,» Environment & Technology, vol. 5, n° 2, 2024.
- [11] I. C. GROUP, «Bosques caídos: deforestación y conflictos en Colombia,» 2021.
- [12] I. Rengifo, F. Muñoz y O. Toro, «Modelo USLE para estimar la erosión hídrica en siete municipios de la zona andina colombiana,» vol. 20, n° 2, 2022.
- [13] J. Gaitan, L. Tenti, M. Navarro y M. Pizarro, «Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la Republica,» Investigación, Desarrollo e Innovación, 2017.
- [14] M. e. a. Mónaco, «Causas e impactos de la deforestación de los bosques nativos de Argentina y propuestas de desarrollo alternativas,» 2020.
- [15] A. Ginger, «Deforestación en la Amazonía ecuatoriana,» Green World Journal, vol. 1, n° 3, 2018.
- [16] C. Naranjo, E. Palacios y C. Palacios, «Impacto ambiental de la deforestación en el Sector San Jorge de la ciudad de Portoviejo,» Revista Científica y Arbitrada del Observatorio Territorial, Artes y Arquitectura: FINIBUS, vol. 6, n° 12, 2023.
- [17] A. Bueno, «Estimación de la erosión en un área deforestada de la Amazonia, Cuenca Baja del Río Acre,» Revista Geográfica de América Central, vol. 2, n° 73, 2024.
- [18] A. e. a. Berenguer, «Impulsores e impactos ecológicos de la deforestación y la degradación forestal,» 2022.
- [19] F. Palomino Monterola y L. E. López Ráez, «Impactos de la deforestación y erosión hídrica de suelos en la cuenca Shocol - Amazonas,» Cátedra Villarreal Posgrado, vol. 2, n° 1, pp. 17 - 29, 2023.
- [20] A. e. a. Vergara, «Informe Amazonía Viva 2022,» wwf, Quito, 2022.
- [21] J. Araya Silva, «Análisis de la fertilidad de los suelos de Alto Loica en San Pedro de Melipilla, Región Metropolitana (Chile),» Investig. Geogr. Chile, vol. 53, pp. 127 - 140, 2017.
- [22] G. Cartes Sánchez, «Degradación de Suelos Agrícolas y el SIRSD-S,» ODEPA, Octubre 2013.
- [23] M. Méndez, C. Martínez, E. Ceccon y M. Guariguata, «Planes actuales de restauración ecológica en Latinoamérica: Avnces y omisiones,» Revista de Ciencias Ambientales, vol. 51, n° 2, pp. 1 - 30, 2017.
- [24] S. Manivannan, O. Khola, K. Kannan, P. Choudhury y V. Thilagam, «Efficacy of open weave jute geotextiles in controlling soil erosion and its impact on hill slope stabilization.,» The Indian Journal of Agricultural Sciences, vol. 88, n° 5, pp. 1 - 6, 2018.
- [25] FAO, «SOIL EROSION: the greatest challenge for sustainabe soil management,» Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019.
- [26] E. Ruiz Álvarez y D. L. Molina López, «Beneficios asociados al uso de coberturas leguminosas en palma de aceite y otros cultivos permanentes: una revisión de literatura,» Palmas, vol. 35, n° 1, pp. 53 - 64, 2014.
- [27] M. Kumar y et al., «Efecto de la labranza cero en las propiedades del suelo, la dinámica de las malezas y el rendimiento del garbanzo bajo el sistema de cultivo arroz-garbanzo,» Revista de avances en biología y biotecnología, vol. 27, n° 7, pp. 536 - 546, 2024.
- [28] Ministerio de Agricultura, Seguridad Alimentaria y Cooperativas, «Impactos de la labranza de conservación en el suelo, los cultivos y el medio ambiente,» Investigación internacional sobre conservación del suelo y el agua, vol. 3, n° 2, pp. 119 - 129, 2015.
- [29] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, «Evaluación del efecto de obras de conservación en suelos forestales de Tlaxcala, México,» Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 14, n° 78, 2023.
- [30] J. Orante, «Efectividad de proyectos de reforestación en territorios de alto riesgo por el cambio climático en Latinoamérica,» Ciencia Latina Sociales y Humanas, vol. 8, n° 5, 2024.