

## Efecto del cambio climático y la cobertura forestal en la pérdida de bosques en la selva amazónica de Perú, 2003-2019

### Effect of climate change and forest cover on forest loss in the Amazon rainforest of Peru, 2003-2019

### Efeito da mudança climática e da cobertura florestal na perda florestal na floresta amazônica do Peru, 2003-2019

Quispe Mamani, Julio Cesar; lizarraga Álvarez, Mindi Fabiola; Madueño Portilla, Roxana; Tairo Huaman, Ruth Nancy; Alegre Larico, María Isabel; Suca Pilco, Eliane Merilin

 **Julio Cesar Quispe Mamani**  
jcquispe@unap.edu.pe  
Universidad Nacional del Altiplano, Perú

 **Mindi Fabiola lizarraga Álvarez**  
mflizarraga@ucsp.edu.pe  
Universidad Católica San Pablo, Perú

 **Roxana Madueño Portilla**  
rochimad@gmail.com  
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú

 **Ruth Nancy Tairo Huaman**  
alexaruthtairo@gmail.com  
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú

 **María Isabel Alegre Larico**  
mialsud@gmail.com  
Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú

 **Eliane Merilin Suca Pilco**  
merilin.22.ely@gmail.com  
Universidad Nacional del Altiplano, Perú

#### Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA

Centro de Estudios Transdisciplinarios, Bolivia  
ISSN: 2664-0902  
ISSN-e: 2664-0902  
Periodicidad: Cuatrimestral  
vol. 7, núm. 19, 2023  
editor@revistaalfa.org

Recepción: 16 Noviembre 2022  
Aprobación: 10 Diciembre 2022  
Publicación: 09 Enero 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5404020007/>

**Resumen:** El cambio climático es un problema global que altera el funcionamiento de biosferas y ecosistemas enteros, cuyas causas derivan claramente del desarrollo de las diferentes actividades económicas en el mundo, afectando categóricamente a la biodiversidad natural, a los recursos bióticos y abióticos existentes en los sistemas ambientales naturales. El objetivo fue determinar el efecto del cambio climático y la cobertura forestal en la pérdida de bosques en la selva amazónica de Perú, entre los periodos 2003 al 2019, para lo cual se consideró un enfoque cuantitativo, no experimental, descriptivo y longitudinal, se utilizó la información existente en el Instituto Nacional de Estadística e Informática, el Ministerio del Ambiente y Geo-Bosques; se aplicó el modelo econométrico de efectos fijos y aleatorios. Se determinó que la alteración del clima tiene efecto positivo en la pérdida de bosques, mientras que la cobertura forestal tiene un efecto negativo en la pérdida de bosques. Además, aun incremento de las precipitaciones pluviales en 1 mm y la temperatura máxima incrementa en 1°C, entonces incrementa la pérdida de bosques en 4.3 y 483.9 hectáreas respectivamente; aun incremento de la cobertura forestal en 1 hectárea, entonces disminuye la pérdida de bosques el 0.13 hectáreas, la misma que se justifica porque a nivel de las regiones de Perú, no existe una política ambiental que garantice la conservación de las especies forestales, recuperación y protección del recurso forestal en las regiones amazónicas principalmente.

**Palabras clave:** Cambio climático, Cobertura forestal, Pérdida de bosques, Regiones naturales, Política ambiental.

**Abstract:** Climate change is a global problem that alters the functioning of biospheres and entire ecosystems, whose causes clearly derive from the development of different economic activities in the world, categorically affecting natural biodiversity, biotic and abiotic resources existing in natural environmental systems. The objective was to determine the effect of climate change and forest cover on forest loss in the Peruvian Amazon rainforest, between 2003 and 2019, for which

DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.200>

a quantitative, non-experimental, descriptive and longitudinal approach was considered, using existing information from the National Institute of Statistics and Informatics, the Ministry of Environment and Geo-Forests; the econometric model of fixed and random effects was applied. It was determined that climate change has a positive effect on forest loss, while forest cover has a negative effect on forest loss. Furthermore, even if rainfall increases by 1 mm and maximum temperature increases by 1°C, then forest loss increases by 4.3 and 483.9 hectares respectively; even if forest cover increases by 1 hectare, then forest loss decreases by 0.13 hectares, which is justified because there is no environmental policy at the Peruvian regional level that guarantees the conservation of forest species, recovery and protection of forest resources mainly in the Amazonian regions.

**Keywords:** Climate change, Forest cover, Forest loss, Natural regions, Environmental policy.

**Resumo:** A mudança climática é um problema global que altera o funcionamento de biosferas e ecossistemas inteiros, cujas causas derivam claramente do desenvolvimento de diferentes atividades econômicas no mundo, afetando categoricamente a biodiversidade natural, os recursos bióticos e abióticos existentes nos sistemas ambientais naturais. O objetivo era determinar o efeito da mudança climática e da cobertura florestal na perda florestal na floresta amazônica peruana entre 2003 e 2019, utilizando uma abordagem quantitativa, não-experimental, descritiva e longitudinal, utilizando informações existentes do Instituto Nacional de Estatística e Informática, do Ministério do Meio Ambiente e Geoflorestas; foi aplicado o modelo econométrico de efeitos fixos e aleatórios. Foi determinado que a mudança climática tem um efeito positivo na perda florestal, enquanto que a cobertura florestal tem um efeito negativo na perda florestal. Além disso, mesmo que a pluviosidade aumente em 1 mm e a temperatura máxima em 1°C, então a perda florestal aumenta em 4,3 e 483,9 hectares respectivamente; mesmo que a cobertura florestal aumente em 1 hectare, então a perda florestal diminui em 0,13 hectares, o que se justifica porque não existe uma política ambiental em nível regional no Peru que garanta a conservação das espécies florestais, recuperação e proteção dos recursos florestais principalmente nas regiões amazônicas.

**Palavras-chave:** Mudança climática, Cobertura florestal, Perda florestal, Regiões naturais, Política ambiental.

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno global que altera el funcionamiento de biosferas y ecosistemas enteros; las causas del cambio climático se derivan claramente de la actividad del hombre. Cuando se talan los bosques, la tierra queda expuesta al viento, la lluvia y el sol, perdiendo nutrientes arrastrados por la lluvia y partículas que luego se depositan en el sistema de agua, causando problemas de sedimentación e impacto en las cuencas hidrográficas lo que puede causar la desertificación del suelo. La propuesta de revegetación del bosque húmedo tiene como finalidad el aprovechamiento de especies nativas de la zona (1-8).

El cambio climático es acumulativo y desigual, y como resultado se sabe que degrada la capa de ozono, lo que permite que entre más luz ultravioleta en la tierra. Puede causar cambios dramáticos en los factores climáticos. El calor y la sequía se combinan para reducir la productividad forestal y provocar la pérdida progresiva de los árboles, es probable que la selva tropical amazónica experimente una sequía sin precedentes que provocará la pérdida severa de los árboles y alterará la productividad forestal (3,4,9-16).

La conservación, restauración y gestión sostenible a nivel global indican que la temperatura del calentamiento global debe limitarse a 1,5°C. Está comprobado que este incremento se debe al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero por las actividades humanas que incluyen deforestación y la quema de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón (16–21).

En el ámbito Internacional, en muchos de los países se han evidenciado ciertos impactos negativos hacia el ambiente y uno de ellos es la deforestación a consecuencia de ello se genera la pérdida de hábitats de distintas especies, así como también causa una serie de efectos negativos hacia la naturaleza (12,22–26).

En Ecuador, la deforestación en Esmeralda es un problema importante en el sistema ambiental, sociocultural y económico. Cada año se destruyen entre 10.000 y 25.000 hectáreas de bosques primitivos, lo que representa del 2% al 5% de todos los bosques de la provincia. Estas cifras son las últimas etapas de un proceso de crecimiento demográfico que comenzó a principios del siglo XX donde el activismo fue la causa principal. La provincia de Esmeralda está deforestada y la separa de otras provincias de la costa ecuatoriana (4,19,22,27,28).

En el sur de la Amazonía de Perú, principalmente en Madre de Dios, donde existe la mayor concentración forestal tiene como principal problema la pérdida de bosques, que se debe a la tala ilegal, seguida de la expansión de las fronteras agrícolas, ganaderas y forestales. En 2017, a causa de la minería aurífera se perdió un récord de 9.860 hectáreas de bosque, lo que representa el 38 % de toda la deforestación en Madre de Dios y el 6,9 % de toda la deforestación registrada ese año. La estrategia desarrollada por el Ministerio del Medio Ambiente propone reducir la tasa de deforestación de los bosques primitivos promoviendo la conservación y uso sostenible de éstos (6,8,15,20,29–35).

Por ello, esta investigación busca responder las siguientes interrogantes: ¿Cuál es el efecto que produce la alteración del cambio climático sobre la pérdida de bosques en las regiones con selva amazónica de Perú, 2003-2019?; y ¿Cuál es el efecto que produce la alteración de la cobertura forestal sobre la pérdida de bosques en las regiones con selva amazónica de Perú, 2003-2019? Por lo cual, el objetivo de la investigación fue determinar el efecto del cambio climático y la cobertura forestal en la pérdida de bosques en la selva amazónica de Perú, entre los periodos 2003 al 2019.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue desarrollado a nivel de más regiones del Perú que tienen como área involucrada la selva amazónica, el cual corresponde a 15 regiones, quienes comparten límites políticos con la superficie de selva amazónica y considerando como datos desde el 2003 hasta el 2019 (Tabla 1).

**TABLA 1**  
Identificación de regiones involucrados en el estudio

N°	Regiones	N°	Regiones
1	Amazonas	9	Loreto Madre de
2	Ayacucho	10	Dios
3	Cajamarca	11	Pasco
4	Cusco	12	Piura
5	Huancavelica	13	Puno San
6	Huánuco	14	Martín

Se consideró los datos estadísticos existentes en las bases de datos de las instituciones fiables como el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el Ministerio del Ambiente (MINAM) y la plataforma de monitoreo de cambios sobre la cobertura de los bosques (Geo-bosques), de donde se recopiló la cantidad de 255 datos existentes de las regiones antes mencionadas, donde en las misma se cuenta con un territorio de selva amazónica. Complementariamente, se gestionaron datos de las variables relacionadas con el cambio climático, la cobertura forestal y la pérdida de bosques en hectáreas (ha); las precipitaciones pluviales en milímetros (mm), temperatura máxima en grados Celsius (°C), la superficie de bosque húmedo amazónico medido en hectáreas (ha) y reforestación en hectáreas (ha), cuyos detalles se muestran en la Tabla 2.

**TABLA 2**  
Operacionalización de las variables de análisis

Variable de la variable	Descripción	Unidad de medida	Instrumento de recolección
Variable de resultado Pérdida de Bosque Variables independientes Clima Precipitación total Temperatura Máxima	Extensión completa de los bosques, ya sea causada natural o humana	Hectáreas	INEI
Cobertura Forestal Superficie de bosque húmedo amazónico Superficie reforestada	En el presente estudio se refiere al monitoreo del tipo de agua que se consume en el suelo, compuesto por lluvia, el viento, la nieve, el rocío, la niebla y la precipitación de la niebla. Se le mide antes de la temperatura registrada durante un periodo de observación. La superficie de bosque húmedo amazónico representa: Plantación de árboles en superficies que han sido deforestadas.	Milímetros (mm) Grados centígrados (°C)	INEI INEI
		Hectáreas	GEOSCOPIE INEI

Esta investigación se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo, no experimental, descriptivo y longitudinal (36,37). Se consideró el modelo econométrico de efectos fijos, considerando los procedimientos planteados y las secuencias a seguir (38,39). En este sentido, para determinar el efecto de las variables de la cobertura forestal, se aplicó el siguiente modelo:

$$U_{ijt} = \alpha_j + \sum_{k \in K} \beta_k X_{ijkt} + u_{ijt}$$

Este modelo no puede ser estimado por MCO, debido a la existencia del problema de sesgo al tener variables omitidas, específicamente la variable pérdida de bosques contiene efectos no observados de acuerdo a cada región, lo que puede ser por la ubicación o la cultura frente a esa problemática (39). Estas características que no varían a través del tiempo y no son observadas en nuestra base de datos, requieren de un nuevo factor  $\alpha_i$ ; por tanto, para eliminar el sesgo estimamos el siguiente modelo de efectos fijos:

$$\text{Pérdida de bosques}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Superficie reforestada}_{it} + \beta_2 \text{Superficie de bosque húmedo amazónico}_{it} + \alpha_i + u_{it}$$

Donde:

$\alpha_i$ : Efecto departamental inobservado, efecto fijo por región, ubicación geográfica, cultura ante la pérdida de bosques.

uit: Error idiosincrático, factores no observados que varían a través del tiempo y afectan a la Pérdida de bosques<sub>it</sub>.

i: Denota las regiones

Reduciendo la ecuación, reemplazamos siguiente en la anterior, tenemos:

$$\beta_0 + \alpha_i = \alpha_1$$

Por lo cual, el modelo de efecto fijo para este caso es la siguiente:

$$\text{Pérdida de bosques}_{it} = \alpha_1 + \beta_1 \text{Superficie reforestada}_{it} + \beta_2 \text{Superficie de bosque húmedo amazónico}_{it} + u_{it}$$

Además, para poder estimar la pérdida de bosques en base a las variables ambientales, se consideró parte del modelo base al modelo de efectos fijos:

$$\text{Pérdida de bosques}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Precipitación total anual}_{it} + \beta_2 \text{Temperatura máxima promedio anual}_{it} + a_i + u_{it}$$

Pero en este caso el factor  $a_i$  no causa sesgo por la omisión de variables al basarse en el supuesto:

$$\text{Cov}(X_{it}, a_i) = 0 \text{ para } t = 1, \dots, T$$

En este modelo, se supone que los efectos individuales no son independientes entre sí, sino que se distribuyen aleatoriamente en torno a un determinado valor; por lo que el efecto se incluye en el término de error (39).

$$U_{ijt} = \alpha_{ij} + \sum_{k \in K} \beta_{ik} X_{ijk} + \varepsilon_{ijt}$$

Dejando el siguiente modelo:

$$\text{Pérdida de bosques}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Precipitación total anual}_{it} + \beta_2 \text{Temperatura máxima promedio anual}_{it} + a_i + u_{it} + \varepsilon_{it}$$

Donde:

a: Efecto departamental inobservado, efecto fijo por departamento, ubicación geográfica, cultura ante la pérdida de bosques.

uit: Error idiosincrático, error entre las regiones.

εit: Error dentro de cada departamento que varía a través del tiempo.

i: Denota las regiones.

## RESULTADOS

### Análisis del comportamiento de las variables que tienen efecto sobre la pérdida de bosques

El comportamiento de la pérdida de bosques en las 15 regiones tuvo un comportamiento con tendencia hacia el incremento desde los años 2000 en adelante (Figura 1), siendo las regiones de Loreto y Ucayali quienes sufrieron más pérdida de bosques, mientras que las regiones de Piura y La libertad son los que menos pérdida de bosques reportaron, lo que concatena una tendencia en general hacia la pérdida máxima de bosque en una cantidad de 39,282.93 hectáreas y siendo una mínima pérdida de 11.97 hectáreas, considerando este comportamiento con una desviación estándar de 10,142.87 hectáreas; complementariamente, la tendencia entre regiones muestra que existe una pérdida máxima de bosque de 24,846 hectáreas y como mínimo de

60.35 hectáreas. Finalmente, la tendencia de pérdida de bosques dentro de cada región a lo largo de los 17 años es de 24,144.87 hectáreas como máximo y como mínimo la pérdida de bosques se redujo en una cantidad de 5,764.94 hectáreas (Tabla 3).

En el caso de las variables del cambio climático, se observa que la precipitación pluvial total y la temperatura máxima varía de acuerdo a las características de cada región y muestra que tiene una relación con la pérdida de bosques (Figura 1). En el caso de la precipitación pluvial en general la medida máxima fue de 3,312 mm/año y la mínima alcanzo el valor de 1 mm/año, con una desviación estándar de 769.86 mm/año. Además, en el caso de la temperatura máxima, esta tuvo una variación con tendencia al incremento a lo largo del tiempo en análisis, toda vez que la temperatura máxima en dicho periodo fue de 33.8°C y la temperatura mínima fue de 10.3°C (Tabla 3).

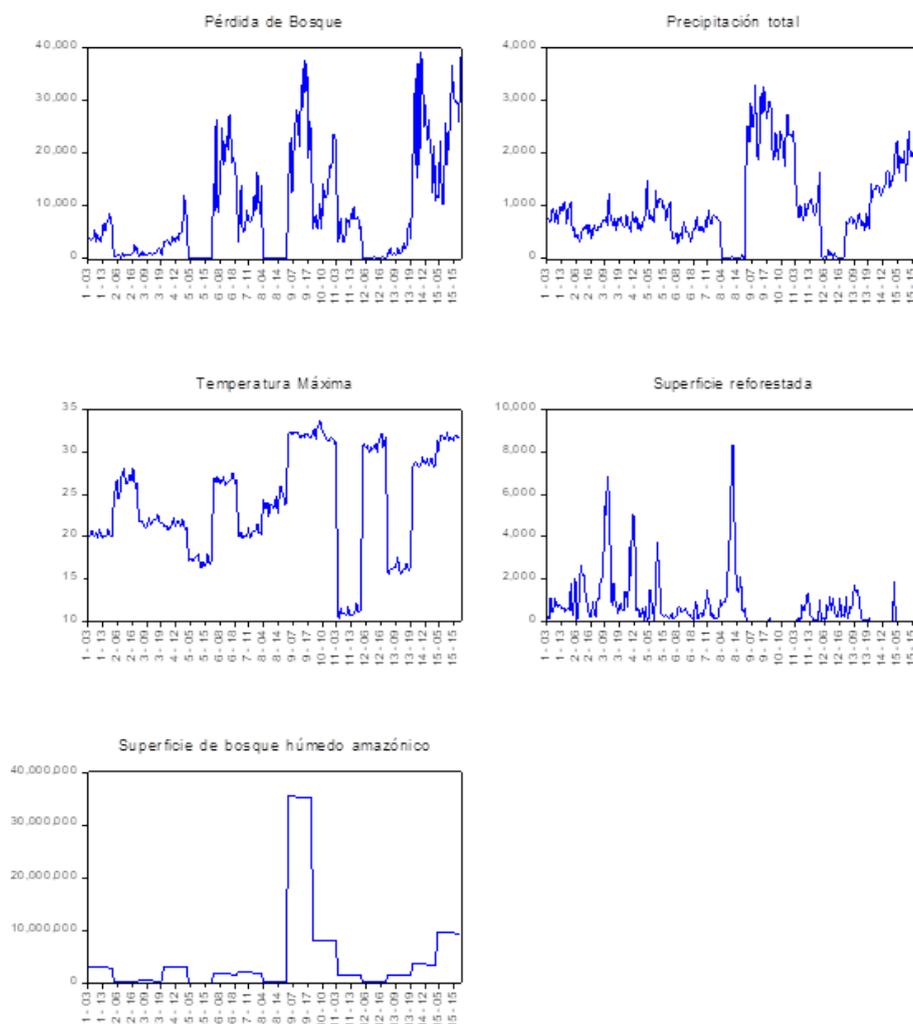


FIGURA 1  
Comportamiento descriptivo de las variables

Respecto a las variables de la cobertura forestal, si bien la reforestación hasta el año 2012 tuvo una tendencia hacia el ascenso en la mayoría de las regiones, esta comenzó a tener menos impacto y a descender en los últimos años, eso sin contar a las 4 regiones que no tuvieron una superficie reforestada y son los que más nivel de pérdida de bosques reportaron y entre ellas están Loreto, Ucayali, San Martín y Madre de Dios (Figura 1). En general, la superficie reforestada alcanzó un máximo de 8,329 hectáreas y una mínima área de 0 hectáreas; en promedio entre las regiones, se reforestó 768 hectáreas, cuyo valor es muy resaltante y la superficie húmeda de bosque amazónico mostró un descenso en los últimos 17 años en todas las regiones, la máxima superficie se

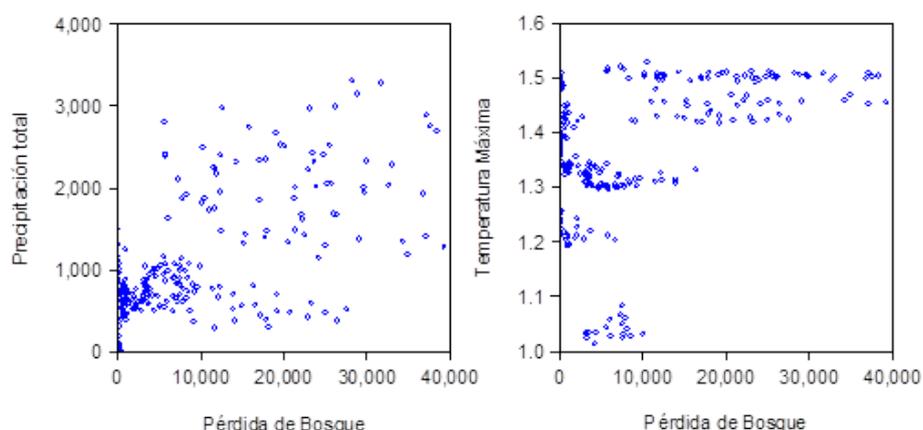
encuentra en la región de Loreto con una cantidad de 35,436,994 hectáreas y la mínima superficie está en la región de Huancavelica con 17,208 hectáreas, con una desviación estándar de tendrían 8,644,592 hectáreas (Tabla 3).

**TABLA 3**  
Estadística descriptiva de las variables

Variables		Mediana	Valor máximo	Valor mínimo	Desviación estándar	Observaciones
Pérdida de bosque	Overall	8899.96	39282.93	11.97	10142.87	N = 255
	Between		24846.06	60.35	9435.75	n = 15
	Within		24144.87	-5764.944	4410.55	T = 17
Precipitación total	Overall	1005.56	3312	1	769.86	N = 255
	Between		2674.09	21.86	770.54	n = 15
	Within		1686.24	205.97	190.66	T = 17
Temperatura máxima	Overall	24.03	33.8	10.3	6.3	N = 255
	Between		32.08	10.97	6.49	n = 15
	Within		26.07	22.15	0.56	T = 17
Superficie reforestada	Overall	768.05	8329	0	1301.7	N = 255
	Between		2482.49	0	785.42	n = 15
	Within		6614.57	-1316.43	1056.6	T = 17
Superficie de bosque húmedo amazónico	Overall	4630465	35436994	17208	8644592	N = 255
	Between		35282766	17748.65	8930175	n = 15
	Within		4845021	4406709	66621.19	T = 17

### Análisis de la relación de las variables del cambio climático sobre la pérdida de bosques

Como se observa en la Figura 2, la relación entre la precipitación pluvial y la pérdida bosques es positiva o tienen una relación directa, lo que demuestra que tiene una relación directa, en vista que el valor de Pearson es de 0.6523, demostrándose que tienen una correlación positiva alta, demostrando que, ante un incremento en las precipitaciones pluviales, también incrementa la pérdida de bosques. En el caso de la temperatura máxima nos muestra que la relación también es directa con la pérdida de bosques y con un valor de Pearson de 0.5014, demostrándose que existe una correlación positiva alta, lo que nos indica que, ante un incremento en la temperatura máxima, entonces también se generará el incremento de pérdida de bosques (Tabla 4).



**FIGURA 2**  
Relación de la pérdida de bosques con los elementos del cambio climático

TABLA 4  
Matriz de correlación entre variables del cambio climático con la pérdida de bosques

Variable	Pérdida de bosques	Precipitación total	Temperatura máxima
Pérdida de bosques	1.0000	0.6523	0.5014
Precipitación total	0.6523	1.0000	0.4043
Temperatura máxima	0.5014	0.4043	1.0000

Luego de realizar el análisis de correlación y el comportamiento de las variables en el periodo de análisis, se realizó las pruebas necesarias (prueba de Hausman y breusch y pagan), donde se pudo encontrar que el mejor método para realizar la regresión es a través de efectos fijos. La regresión obtenida en la Tabla 5, muestra los resultados obtenidos la alteración del cambio climático en la pérdida de bosques.

TABLA 5  
Estimación del modelo de cambio climático y su efecto en la pérdida de bosques (Modelo de efectos fijos)

Variable	Coficiente	Error estándar	Valor Z	P-> z	[95% de intervalo de confianza]	
Precipitación total	4.325727	1.24898	3.46	0.001	1.87776	6.77368
Temperatura máxima	487.8884	234.9191	2.08	0.038	27.4554	948.321
Constante	-7174.556	5843.658	-1.23	0.220	-18627.91	4278.80
Sigma_u	6239.8953					
Sigma_e	4524.7339					
rho	0.6553882	(Fracción de la varianza debida a u_i)				
Numero de observaciones	255		Wald chi2(2)	18.70		
Número de grupos	15		Prob>chi2	0.001		
R-sq			Observaciones por grupo			
Within	0.0121		Min	17		
Between	0.5915		Avg	17.0		
Overall	0.4786		max	17		

En este sentido, al considerar la significancia individual, el  $P > |z|$  son menores a 0.05, lo determina que tienen significancia individual cada una de las variables independientes, el valor de F-estadístico y su probabilidad es menos a 0.05, determinando que existe de igual manera significancia global, concluyendo de esta manera rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, lo que determina que la precipitación pluvial y la temperatura máxima promedio anual tienen un efecto positivo en la pérdida de bosques; además nos muestra que si influye en la pérdida de bosques en 59.15%, además al realizar un análisis en ese mismo sentido entre regiones, estas influyen en 47.86% y cuando se analiza de forma general todos los datos dentro de cada región, estas no tiene casi nada de influencia [1.21%] (Tabla 5).

En este sentido, los resultados del modelo obtenido se muestran a continuación:

$$\text{Pérdida de bosques}_{it} = -7174.56 + 4.33 \text{Precipitación total}_{it} + 487.89 \text{Temperatura máxima}_{it} + u_{it}$$

Del modelo se puede observar que, todas las variables son significativas y solo el análisis muestra que los resultados son alarmantes, en vista que, ante un incremento de 1 mm en las precipitaciones pluviales, la pérdida de bosques incrementa en 4.33 hectáreas; ante un incremento de la temperatura máxima promedio anual en 1°C, la pérdida de bosques se incrementa en 483.89 hectáreas. Por tanto, se demuestra que la alteración del clima es un factor determinante e influye de manera directa en la pérdida de bosques de las regiones con selva amazónica en Perú.

### Análisis de la relación de las variables de la cobertura forestal sobre la pérdida de bosques

De acuerdo a la Figura 3, la relación entre la reforestación y la pérdida bosques es negativa o relación inversa, en vista que el valor de Pearson es de -0.3264, determinándose que existe una correlación negativa baja, lo que nos indica que un incremento en la superficie reforestada disminuye la pérdida de bosques. En el caso de la superficie de selva húmeda amazónica, estas muestran tener una relación indirecta o negativa con la perdida de bosques, ya que tienen un valor de Pearson de -0.5795, determinándose la existencia de una correlación negativa alta, lo que indica que un incremento en la superficie de bosque húmedo amazónico contribuirá en la disminución de la pérdida de bosques (Tabla 6).

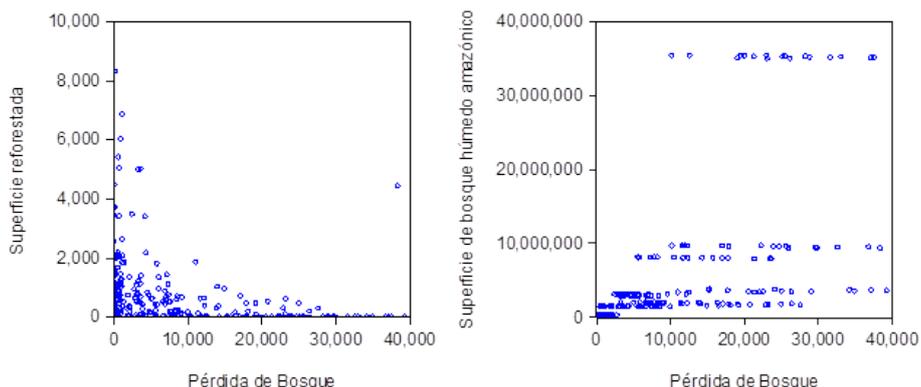


FIGURA 3  
Relación de la pérdida de bosques con las variables de la cobertura forestal

TABLA 6  
Matriz de correlación entre variables de la cobertura forestal con la perdida de bosques

Variable	Pérdida de bosques	Superficie reforestada	Superficie de bosque húmedo amazónico
Pérdida de bosques	1.0000	-0.3264	0.5795
Superficie reforestada	-0.3264	1.0000	-0.2343
Superficie de bosque húmedo amazónico	-0.5795	-0.2343	1.0000

Luego de la aplicación de las pruebas necesarias (prueba de Hausman y breusch y pagan) se pudo encontrar que el mejor método para realizar la regresión es a través de efectos fijos. La regresión obtenida en la Tabla 7 muestra los resultados obtenidos de los efectos que tiene la alteración de la cobertura forestal sobre la pérdida de bosques.

**TABLA 7**  
 Estimación del modelo alteración de la cobertura forestal y su efecto en la pérdida de bosques

Variable	Coefficiente	Error estándar	Valor Z	P-> z	[95% de intervalo de confianza]	
Superficie reforestada	-0.124781	0.245853	-0.51	0.612	-0.60910	0.35954
Superficie de bosque húmedo amazónico	-0.027929	0.003899	-7.16	0.000	-0.03561	-0.02024
Constante	138323.9	18069.23	7.66	0.000	102727.8	173919.9
Sigma_u	255566.03					
Sigma_e	4132.6074					
rho	0.9997385	(Fracción de la varianza debida a u_i)				
Numero de observaciones	255		F(2,238)	25.66		
Número de grupos	15		Prob>F	0.000		
R-sq			Observaciones por grupo			
Within	0.1774		Min	17		
Between	0.4159		Avg	17.0		
Overall	0.3356		max	17		

En este sentido, de acuerdo a la Tabla 7, la significancia individual está dada para la variable superficie de bosque húmedo amazónico y la superficie reforestada, ya que el  $P > |z|$  es menor a 0.05, de acuerdo al valor de F-estadístico tienen significancia global; en este sentido, se concluye que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que demuestra que la superficie reforestada y la superficie de bosque húmedo amazónico tienen un efecto negativo en la pérdida de bosques; además nos muestra que si influye en la pérdida de bosques en 41.59% cuando se analiza entre regiones en 33.56% cuando se analiza de forma general todos los datos y tiene una baja influencia de 17.74% cuando se analiza dentro de cada región (Tabla 7).

El resultado del modelo obtenido se detalla a continuación:

$$\text{Pérdida de bosques}_{it} = 138.323.9 - 0.13 \text{ Superficie reforestada}_{it} - 0.03 \text{ Superficie de bosque húmedo amazónico}_{it} + u_{it}$$

Del modelo observamos que, ante un incremento de 1 hectárea en la superficie reforestada, la pérdida de bosques disminuye en 0.13 hectáreas. Además, ante un incremento de la superficie amazónica en 1 hectárea, la pérdida de bosques disminuye en 0.03 hectáreas. En este modelo solo la variable superficie amazónica es significativa, aun así, incluimos la variable reforestación en vista que su resultado es importante para la investigación. Por tanto, se demuestra que la alteración de la cobertura forestal es un factor determinante si se quiere preservar la selva amazónica, aun así, se dio muy poca importancia y por tanto significancia entre regiones, aun cuando se demuestra que influye de manera inversa en la pérdida de bosques.

## DISCUSIÓN

Después de los resultados obtenidos en la presente investigación estos coinciden con muchos autores que también investigaron en la zona amazónica de Perú, ya que según el (40), diez de las regiones con bosques amazónicos durante el 2019 redujeron su deforestación en 4.1% (148,426 hectáreas) respecto al año anterior, la pérdida de bosques se dio con mayor incidencia en Sam Martín reduciendo la deforestación en 48.3%, 22.1% en Amazonas, Loreto 11.6%. La investigación también denota que, ante un incremento de 1 mm en

las precipitaciones, la pérdida de bosques se incrementa en 4.33 hectáreas. El incremento de la temperatura máxima en 1°C, la pérdida de bosques se incrementa en 483.89 hectáreas.

Complementariamente, la presente investigación es coincidente con lo determinado por (41), quienes estimaron que la destrucción masiva de masas forestales afecta directa y en ocasiones drásticamente la calidad de vida de las personas. Sus efectos negativos incluyen el agotamiento de los recursos forestales, paisajísticos, alimentarios y genéticos, compuestos para uso medicinal, etc., y la pérdida de la rica biodiversidad asociada a los bosques. La deforestación también provoca cambios en el entorno físico (Erosión y pérdida de suelo), cambios en el clima local, regional y mundial, el ciclo de nutrientes y las condiciones hidrológicas. Adicionalmente la investigación demuestra que la alteración del clima es un factor determinante e influye de manera directa en la pérdida de bosques de los departamentos con selva amazónica. Por otro lado, la alteración de la cobertura forestal es un factor determinante si se quiere preservar la selva amazónica, aun así, ha tenido muy poca importancia y significancia entre departamentos, aun cuando se demuestra que influye de manera inversa en la pérdida de bosques.

## CONCLUSIONES

Las variables de cambio climático como la precipitación pluvial total anual, la temperatura máxima promedio anual tienen un efecto positivo en la pérdida de bosques. Los resultados demuestran que, ante un incremento de 1 mm en las precipitaciones pluviales, la pérdida de bosques se incrementa en 4.33 hectáreas y ante un incremento de la temperatura máxima promedio anual en 1°C, la pérdida de bosques incrementa en 483.89 hectáreas.

Las variables de la cobertura forestal como la superficie reforestada y la superficie de bosque húmedo amazónico tienen un efecto negativo en la pérdida de bosques. Los resultados muestran que, ante un incremento de 1 hectárea en la superficie reforestada, la pérdida de bosques disminuye en 0.13 hectáreas; además, ante un incremento de la superficie de bosque húmedo amazónico en 1 hectárea, la pérdida de bosques disminuye en 0.03 hectáreas.

Por lo cual, se demuestra que las variables del cambio climático es un factor determinante e influye de manera directa en la pérdida de bosques de las regiones en la selva amazónica. Por otro lado, la alteración de la cobertura forestal es un factor determinante si se quiere preservar la selva amazónica, ha tenido muy poca importancia y significancia entre regiones, aun cuando se demuestra que influye de manera inversa en la pérdida de bosques.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Noblecilla M. Efectos de la pérdida de bosque sobre los roedores Introducción Material y métodos. Rev. Peru Biol [Internet]. 2020;27(4):499–508. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v27n4/1727-9933-rpb-27-04-499.pdf>
- .. Ipiniza R, Barros S, De la Maza CL, Jofré P, González J. Bosques y Biodiversidad. Cienc Investig for [Internet]. 2021;27(1):101–32. Available from: <https://revista.infor.cl/index.php/infor/article/view/475/463>
3. Gómez-Guerrero A, Correa-Díaz A, Castruita-Esparza LU. Cambio Climático y Dinámica de Los Ecosistemas Forestales. Artículo Revisión Rev Fitotec Mex [Internet]. 2021;44(4):673–82. Available from: <https://www.reffitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/891/847>
4. Zanetti E, Gómez J, Mostacedo S, Reyes O. Cambio climático y políticas públicas forestales en América Latina. Una visión preliminar. CEPAL UNIÓN Eur para las Nac Unidas [Internet]. 2017;122. Available from: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40922/S1601346\\_es.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40922/S1601346_es.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
5. Casemiro FAS. Volviendo al futuro estimando los efectos del cambio climático y la deforestación en ecosistemas acuáticos de la Amazonía. Rev Bioika [Internet]. 2020;6(1):1–7. Available

from: <https://revistabioika.org/assets/multimedia/docs/es/revisiones/opelaez@revistabioika.org/20201005100412-es-lector-escribe-fernanda-casemiro-revedch-algc.pdf>

6. Pulgar-Vidal M. El Perú frente al cambio climático: respuestas nacionalmente apropiadas frente a un problema complejo y una gobernanza climática en crisis [Internet]. Vol. 17, Agenda Internacional. 2010. Available from: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/78025>
7. Zevallos J, Lavado-Casimiro W. Climate Change Impact on Peruvian Biomes. Forests [Internet]. 2022;13(2). Available from: <https://www.mdpi.com/1999-4907/13/2/238>
8. Asner GP, Powell GVN, Mascaro J, Knapp DE, Clark JK, Jacobson J, et al. High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon. Proc Natl Acad Sci U S A [Internet]. 2010;107(38):16738–42. Available from: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1004875107>
9. Bocco G, Mendoza M, Masera OR. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Investig Geogr [Internet]. 2001; 44:18–38. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n44/n44a3.pdf>
10. Rojas Briceño NB, Barboza Castillo E, Maicelo Quintana JL, Oliva Cruz SM, Salas López R. Deforestación en la Amazonía peruana: índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. Boletín la Asoc Geógrafos Españoles [Internet]. 2019;(81):1–34. Available from: <https://www.bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/2538/2555>
11. Sosa-Rodríguez F. Política del cambio climático en México: avances, obstáculos y retos. Real, datos y Espac Rev Int Estadística y Geogr [Internet]. 2015; 6:4–23. Available from: [http://www.inegi.org.mx/rde/rde\\_15/doctos/rde\\_15\\_art1.pdf](http://www.inegi.org.mx/rde/rde_15/doctos/rde_15_art1.pdf)
12. Quiroga R, Agacino R, Malmierca A, Del Villar S. La pérdida de los bosques de América Latina y el Caribe 1990-2020: evidencia estadística. Cepal [Internet]. 2021;(2):1–9. Available from: [https://repository.eclac.org/bitstream/handle/11362/47151/S2100266\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.eclac.org/bitstream/handle/11362/47151/S2100266_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
13. Galindo LM, Alatorre Bremont JE, Reyes Martínez O. Adaptación al cambio climático a través de la elección de cultivos en Perú. Trimest Econ [Internet]. 2015 [cited 2022 Jan 26];82(327):489–519. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-718X2015000300489&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-718X2015000300489&script=sci_arttext)
14. Malhi Y, Roberts JT, Betts RA, Killeen TJ, Li W, Nobre CA. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. Science (80- ) [Internet]. 2008 Jan 11 [cited 2023 Feb 10];319(5860):169–72. Available from: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1146961>
15. Miranda JJ, Corral L, Blackman A, Asner G, Lima E. Effects of Protected Areas on Forest Cover Change and Local Communities: Evidence from the Peruvian Amazon. World Dev [Internet]. 2016 Feb 1 [cited 2023 Feb 10]; 78:288–307. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X1500248X>
16. Robiglio V, Baca MG, Donovan J, Bunn C, Reyes M, Gonzáles D, et al. Impacto del Cambio Climático sobre la Cadena de Valor del Café en el Perú - Estudio integrado del impacto del cambio climático sobre la cadena de valor del café en el nororiente del Perú [Internet]. ICRAF Oficina Regional para América Latina, Lima, Perú & CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 2017. Available from: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/93345>
17. Ochoa-ochoa L. Bosques Mesófilos de Montaña de México diversidad, ecología y manejo [Internet]. 2015. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Leticia-Ochoa-Ochoa/publication/277021384\\_Ochoa-Ochoa\\_LM\\_y\\_Mejia-Dominguez\\_N\\_2014\\_Fauna\\_del\\_Bosque\\_Mesofilo\\_de\\_Montana\\_capitulo\\_En\\_Bosques\\_Mesofilos\\_de\\_Montana\\_de\\_Mexico\\_diversidad\\_ecologia\\_y\\_manejo\\_Comision\\_Nacional\\_p](https://www.researchgate.net/profile/Leticia-Ochoa-Ochoa/publication/277021384_Ochoa-Ochoa_LM_y_Mejia-Dominguez_N_2014_Fauna_del_Bosque_Mesofilo_de_Montana_capitulo_En_Bosques_Mesofilos_de_Montana_de_Mexico_diversidad_ecologia_y_manejo_Comision_Nacional_p)
18. Aguayo M, Pauchard A, Azócar G, Parra O. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. Rev Chil Hist Nat [Internet]. 2009;82(3):361–74. Available from: <https://www.scielo.cl/pdf/rchnat/v82n3/art04.pdf>
19. Nichols D, Longcore J, Fu M. Los bosques como aliados a la mitigación del cambio climático en el contexto de REDD+ en el Ecuador. CEDAMAZ [Internet]. 2010;2(1):13–22. Available from: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/103/100>

20. Bax V, Castro-Nunez A, Francesconi W. Assessment of potential climate change impacts on montane forests in the peruvian andes: Implications for conservation prioritization. *Forests* [Internet]. 2021;12(3):1–15. Available from: <https://www.mdpi.com/1999-4907/12/3/375>
21. Sanhueza JE, Antonissen M. REDD+ en América Latina. Estado actual de las estrategias de reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal [Internet]. 2014. Available from: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36810/S2014280\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36810/S2014280_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
22. Bass MS, Finer M, Jenkins CN, Kreft H, Cisneros-Heredia DF, McCracken SF, et al. Global conservation significance of Ecuador's Yasuni National Park. *PLoS One* [Internet]. 2010 Jan 19 [cited 2023 Feb 10];5(1). Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0008767>
23. Blackman A, Villalobos L. ¿Usar o perder los bosques? Extracción regulada de madera y pérdida de cobertura forestal en México. 2021; Available from: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/237497/1/IDB-WP-1219.pdf>
24. Alix-Garcia J, De Janvry A, Sadoulet E. The role of deforestation risk and calibrated compensation in designing payments for environmental services. *Environ Dev Econ* [Internet]. 2008 Jun [cited 2023 Feb 10];13(3):375–94. Available from: <https://www.cambridge.org/core/journals/environment-and-development-economics/article/abs/role-of-deforestation-risk-and-calibrated-compensation-in-designing-payments-for-environmental-services/C0EA3E74BCA21F6B4362B835122F39E3>
25. Joppa L, Pfaff A. Reassessing the forest impacts of protection: The challenge of nonrandom location and a corrective method. *Ann N Y Acad Sci* [Internet]. 2010 [cited 2023 Feb 10]; 1185:135–49. Available from: <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1749-6632.2009.05162.x>
26. Nolte C, Agrawal A, Silvius KM, Britaldo SSF. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2013 Mar 26 [cited 2023 Feb 10];110(13):4956–61. Available from: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1214786110>
27. Aguilera Peña R, Jalón de Torbay A. Reforestación con especies forestales nativas para la conservación y protección de los recursos hídricos, provincia de Esmeraldas, Ecuador. *Desarro Local Sosten* [Internet]. 2018 Oct;(octubre). Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6745890>
28. Lozano-Povis A, Alvarez-Montalván CE, Moggiano N. El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Sci Agropecu* [Internet]. 2021 Mar 10 [cited 2021 Sep 10];12(1):101–8. Available from: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/3341>
29. Pécastaing N, Chávez C. The impact of El Niño phenomenon on dry forest-dependent communities' welfare in the northern coast of Peru. *Ecol Econ* [Internet]. 2020 Dec 1 [cited 2023 Feb 10];178. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800919313230>
30. Cabrera Hoyos HA, Gastelo Benavides M, Otiniano Villanueva R, Pacheco del Castillo MÁ, Janampa A. Variedades de Papa Resiliente al Cambio Climático, para la Seguridad Alimentaria del Perú [Internet]. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Instituto Nacional de Innovación Agraria; 2020 [cited 2021 Sep 10]. Available from: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1250>
31. Huayhua-Lobatón C. Valoración económica de la contaminación del recurso hídrico en la ciudad de Pichari [Internet]. 2017 [cited 2020 Dec 2]. Available from: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2779>
32. Rojas JP. Valoración ambiental del recurso hídrico en la subcuenca Jacahuasi, Tarma [Internet]. Universidad Nacional del centro del Peru; 2019. Available from: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5327>
33. Chávez AB, Broadbent EN, Almeyda Zambrano AM. Smallholder policy adoption and land cover change in the southeastern Peruvian Amazon: A twenty-year perspective. *Appl Geogr* [Internet]. 2014 [cited 2023 Feb 10]; 53:223–33. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622814001337>
34. Shepard GH, Rummenhoeller K, Ohl-Schacherer J, Yu DW. Trouble in paradise: Indigenous populations, anthropological policies, and biodiversity conservation in Manu National Park, Peru. *J Sustain for* [Internet].

- 2010 Mar [cited 2023 Feb 10];29(2):252–301. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10549810903548153>
35. Layza R, Gonzales F. La deforestación y el cambio climático en la provincia de San Martín periodo:1973-2014. *Cienc Tecnol* [Internet]. 2018;14(2):19–30. Available from: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2072>
36. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. 2010 [cited 2020 May 26]; Available from: <http://www.academia.edu/download/38911499/Sampieri.pdf>
37. Mendoza Bellido W. ¿Cómo investigan los economistas? Guía para elaborar y desarrollar un proyecto de investigación [Internet]. 2014. Available from: <https://files.pucp.education/departamento/economia/lde-2014-05.pdf>
38. Davidson R, Mackinnon J. *Econometric Theory and Methods*. 2004. 2004 p.
39. Torres Reyna O. Panel Data Analysis Fixed & Random Effects. *Princet Univ*. 2014;(http://www.princeton.edu/~otorres/):1–40.
40. MINAM. Deforestación se reduce en diez regiones con bosques amazónicos - Noticias - Ministerio del Ambiente - Gobierno del Perú [Internet]. 2019. Available from: <https://elperuano.pe/noticia/109974-deforestacion-se-reduce-en-diez-regiones-con-bosques-amazonicos>
41. Hoyos LE, Gavier GI, Kuemmerle T, Bucher EH, Radeloff VC, Tecco PA. Invasion of glossy privet (*Ligustrum lucidum*) and native forest loss in the Sierras Chicas of Córdoba, Argentina. *Biol Invasions* 2010 129 [Internet]. 2010 Mar;12(9):3261–75. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-010-9720-0>