

Research Article

Distribución geográfica y estado de conservación actual de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana

Geographic distribution and current conservation status of *Cedrela odorata* and *Cedrelinga cateniformis* in Ecuadorian Amazonia

Sarango-Ordóñez, Jhandry Patricio¹<https://orcid.org/0009-0001-4305-6579>jp.sarangoo@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador, Puyo

Arias-Ramírez, Bryan Josué³<https://orcid.org/0009-0006-2886-1971>victor.mallqui@educacion.gob.ec

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador, Puyo

Arellano-Reinoso, Katheryn Gabriela²<https://orcid.org/0009-0003-6162-4458>kg.arellanor@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador, Puyo

Ureta-Leones, Diego Armando⁴<https://orcid.org/0000-0003-1036-7642>da.uretal@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador, Puyo

Autor de correspondencia¹DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/134>

Resumen: El estudio estima la distribución geográfica y el estado de conservación de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana, especies de gran relevancia ecológica y económica que enfrentan severas amenazas por la deforestación y el cambio climático. Se obtuvo los datos curados y publicados en el Herbario ECUAMZ y la base Global Biodiversity Information Facility de otros Herbarios Nacionales e Internacionales y se complementó, evaluando estudios recientes sobre la ecología, conservación y proyecciones climáticas para ambas especies. Los resultados destacan que *Cedrela odorata* está clasificada como vulnerable debido a la fragmentación de su hábitat, mientras que *Cedrelinga cateniformis*, aunque no ha sido evaluada formalmente, también se encuentra en riesgo por la pérdida de hábitat. Se identificaron como principales factores de amenaza la expansión de la frontera agrícola y la tala ilegal, los cuales han fragmentado los bosques, reduciendo la conectividad entre las poblaciones. La discusión señala la necesidad urgente de implementar estrategias de conservación, como la creación de corredores ecológicos, reforestación con *Cedrelinga* y el uso de herramientas genéticas para mejorar la viabilidad de las poblaciones de *Cedrela*. La investigación concluye que es esencial una intervención inmediata para mitigar los efectos del cambio climático y garantizar la sostenibilidad de estas especies.

Palabras clave: Distribución geográfica; Conservación; Deforestación; Sostenibilidad.



Check for updates

Received: 09/Sep/2024

Accepted: 03/Oct/2024

Published: 31/Oct/2024

Cita: Sarango-Ordóñez, J. P., Arellano-Reinoso, K. G., Arias-Ramírez, B. J., & Ureta-Leones, D. A. (2024). Distribución geográfica y estado de conservación actual de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(4), 89–106. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/134>

Journal of Economic and Social Science Research (JESSR)
<https://economicsocialresearch.com>
info@editoriagrupo-aea.com

Nota del editor: Editorial Grupo AEA se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones legales resultantes de contenido publicado. La responsabilidad de información publicada recae enteramente en los autores.

© 2024. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

The study estimates the geographical distribution and conservation status of *Cedrela odorata* and *Cedrelinga cateniformis* in the Ecuadorian Amazonia, species of great ecological and economic importance that face severe threats from deforestation and climate change. Data curated and published by the ECUAMZ Herbarium and the Global Biodiversity Information Facility from other National and International Herbaria were used, and recent studies on the ecology, conservation, and climate projections for both species were also evaluated. The results highlight that *Cedrela odorata* is classified as vulnerable due to habitat fragmentation, while *Cedrelinga cateniformis*, although not formally assessed, is also at risk due to habitat loss. The main threat factors identified were the expansion of agricultural frontiers and illegal logging, which have fragmented forests and reduced connectivity between populations. The discussion stresses the urgent need to implement conservation strategies, such as the creation of ecological corridors, reforestation with *Cedrelinga*, and the use of genetic tools to improve the viability of *Cedrela* populations. The research concludes that immediate intervention is essential to mitigate the effects of climate change and ensure the sustainability of these species.

Keywords: Geographical distribution; Conservation; Deforestation; Sustainability.

1. Introducción

El estudio de la distribución geográfica y el estado de conservación de especies forestales en peligro, como *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis*, es crucial para comprender el impacto de las actividades humanas y el cambio climático en los ecosistemas amazónicos. En la Amazonía ecuatoriana, estas especies representan un importante recurso tanto ecológico como económico, pero enfrentan graves amenazas debido a la deforestación, la explotación maderera y los cambios en las condiciones climáticas (Estrada-Contreras et al., 2016; Finch et al., 2019).

La problemática principal radica en que la *Cedrela odorata*, una especie altamente valorada por su madera de calidad ha sufrido una explotación intensiva que ha disminuido drásticamente sus poblaciones naturales (Estrada-Contreras et al., 2016). La situación de *Cedrelinga cateniformis* es similar, ya que, aunque es menos conocida comercialmente, desempeña un rol clave en la recuperación de áreas degradadas, siendo utilizada en proyectos de restauración forestal en Ecuador (Aguiar et al., 2023). La pérdida de hábitat y la sobreexplotación han colocado a ambas especies en categorías de riesgo de conservación, por lo que su estudio se vuelve prioritario para la gestión de los recursos forestales y la biodiversidad de la región (Herrera-Feijoo, 2024).

Los factores que afectan la supervivencia de estas especies están directamente relacionados con la expansión de la frontera agrícola y la tala ilegal, que fragmentan los bosques amazónicos, afectando la regeneración natural de las especies (Mieles-

Giler et al., 2024). Además, el cambio climático, con fenómenos como el aumento de la temperatura y las alteraciones en los patrones de precipitación, exacerba estos problemas. Específicamente, se ha observado que *Cedrela odorata* es sensible a las variaciones en la humedad y la temperatura, lo que afecta su crecimiento y capacidad de adaptación (Aguilar et al., 2023; Finch et al., 2019). Las proyecciones indican que, con los escenarios climáticos actuales, su distribución geográfica podría reducirse significativamente, aumentando su vulnerabilidad (Estrada-Contreras et al., 2016).

El presente estudio se fundamenta en la necesidad urgente de recopilar información científica sólida que permita establecer estrategias de conservación efectivas. La evaluación de la distribución geográfica actual y potencial bajo escenarios de cambio climático puede proporcionar datos críticos para la planificación de áreas protegidas y la reforestación (Caicedo-Aldaz & Herrera-Sánchez, 2022). Además, dado que *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* son especies clave en la ecología amazónica, su conservación tiene implicaciones directas en la salud de todo el ecosistema. También es importante desde una perspectiva económica, ya que la madera de *Cedrela* tiene un valor comercial elevado, y la sostenibilidad de su aprovechamiento puede generar ingresos significativos para las comunidades locales (Finch et al., 2019).

En términos de viabilidad, este estudio es factible gracias a la disponibilidad de herramientas modernas de modelado de nicho ecológico y análisis genéticos que permiten predecir cómo cambiará la distribución de estas especies en el futuro. La tecnología de secuenciación de ADN y los modelos predictivos basados en variables climáticas y ambientales ya han sido aplicados con éxito en otras regiones del Neotrópico y proporcionan un marco metodológico sólido para su aplicación en Ecuador (Aguilar et al., 2023). Además, las políticas ambientales en Ecuador favorecen la investigación y conservación de especies amenazadas, lo que facilita la implementación de proyectos de restauración y manejo sostenible (Lloor-Macías et al., 2024).

Este trabajo de revisión busca aportar un enfoque integral que considere tanto las amenazas biológicas como las socioeconómicas, con el fin de ofrecer recomendaciones concretas para la gestión sostenible de estos recursos forestales. Es decir, el estudio de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana no solo es relevante desde el punto de vista científico, sino también para la formulación de políticas de conservación que promuevan un uso responsable de los recursos naturales. La combinación de datos genéticos y ecológicos permitirá a los gestores ambientales tomar decisiones informadas para proteger estas especies valiosas y el equilibrio ecológico del bosque amazónico ecuatoriano (Correa-Salgado et al., 2024).

2. Materiales y métodos

Para la recopilación de datos, se tomó en cuenta las muestras botánicas encontradas en el Herbario ECUAMZ y las bases de datos publicados en *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2024) de especímenes colectados y preservados en diferentes Herbarios como QCA, QCNE, LOJA, HUTPL, NY, KEW, etc. Jardines Botánicos y solo se tomó en cuenta a aquellos especímenes con procesos de curación e identificación taxonómica por expertos del área, para asegurar la calidad de los datos presentados, con el propósito de analizar la distribución geográfica y el estado de conservación de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana.

La naturaleza descriptiva de este estudio permite sintetizar información relevante sobre la situación actual de ambas especies, su distribución geográfica, amenazas y potencial conservación en la Amazonía ecuatoriana complementándose con artículos científicos indexados en bases de datos reconocidas como Scopus, Web of Science y Google Scholar. Además, se incluyeron informes técnicos de organizaciones internacionales y gubernamentales relacionadas con la conservación de la biodiversidad en la región amazónica.

Los artículos seleccionados fueron revisados en su totalidad para extraer información pertinente. Además, se descartaron aquellos trabajos que no cumplieron con los criterios de calidad científica establecidos, como los que no estaban revisados por pares o que presentaban información redundante o irrelevante para el contexto ecuatoriano.

La información obtenida fue clasificada y organizada de acuerdo con los siguientes ejes temáticos:

- **Distribución geográfica:** se identificaron los estudios que describen la distribución actual y potencial de ambas especies en la Amazonía ecuatoriana.
- **Factores de amenaza:** se analizaron los factores que impactan negativamente en la supervivencia y regeneración de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis*, tales como la deforestación, el cambio climático y la tala ilegal.
- **Estado de conservación:** se evaluaron las estrategias de conservación existentes y su efectividad en la preservación de estas especies en Ecuador.
- **Perspectivas futuras:** se examinaron las proyecciones de distribución futura de las especies bajo diferentes escenarios climáticos y se identificaron las posibles intervenciones para mejorar su conservación.

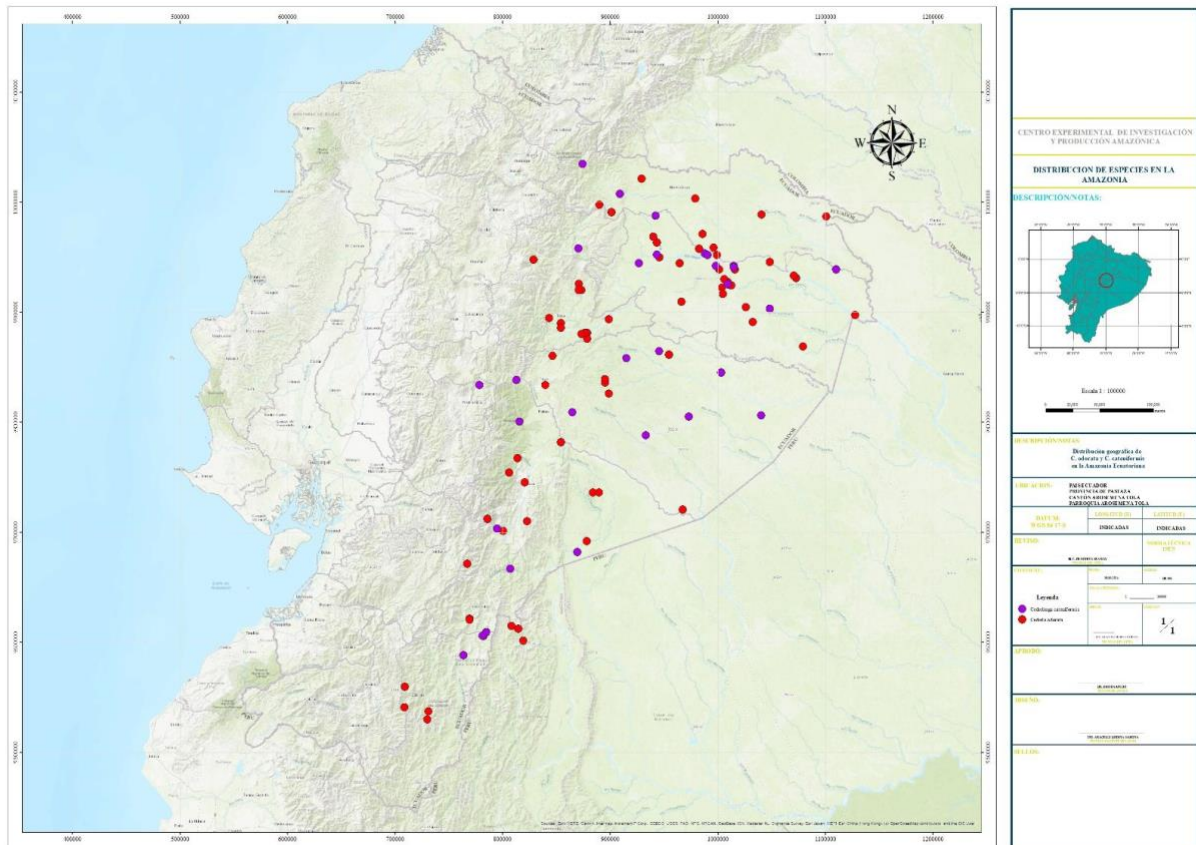
Una vez completada la revisión y el análisis de la literatura, se realizó una síntesis de la información más relevante, la cual fue organizada en secciones temáticas que reflejan el estado de conocimiento sobre la distribución y conservación de ambas especies en la región. Los resultados se presentan de manera clara y coherente,

facilitando la comprensión del lector sobre los aspectos más críticos relacionados con la situación de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana.

3. Resultados

Figura 1

Distribución geográfica de la C. odorata y C. catemiformis en la Amazonía ecuatoriana.



Nota: Los Autores

La distribución geográfica de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana está marcada por una combinación de factores ecológicos y climáticos que determinan sus nichos y áreas de ocupación. A continuación, se amplía la información respecto a las características geográficas y ambientales de estas dos especies clave en los bosques tropicales de la región (Correa-Salgado et al., 2024).

Cedrela odorata

Conocida como cedro rojo o cedro español, *Cedrela odorata* tiene una distribución amplia, que se extiende desde México hasta el norte de Argentina, pasando por toda la región amazónica. En Ecuador, esta especie predomina en las tierras bajas amazónicas, entre los 10 y 1,200 metros sobre el nivel del mar (Santos et al., 2024). Los bosques húmedos tropicales son el hábitat principal de *Cedrela odorata*, que

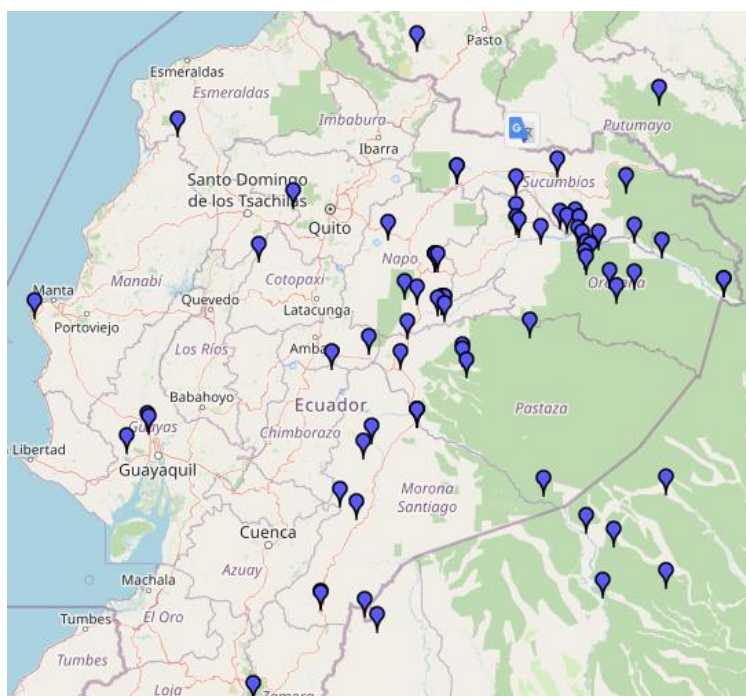
requiere suelos bien drenados y una alta disponibilidad de humedad para su crecimiento óptimo (Aguiar et al., 2023). Este tipo de condiciones se encuentran comúnmente en las áreas amazónicas de Ecuador, donde el clima cálido y las precipitaciones constantes favorecen el desarrollo de esta especie.

Además de las condiciones ecológicas, *Cedrela odorata* es particularmente sensible a cambios climáticos, como la variación en los patrones de precipitación y el aumento de las temperaturas. Un aspecto crucial para su supervivencia a largo plazo es su capacidad para adaptarse a estas fluctuaciones. No obstante, el cambio climático está modificando la distribución potencial de esta especie, afectando su capacidad de regeneración natural en áreas de tala intensiva (Estrada-Contreras et al., 2016). Se ha proyectado que, en los próximos años, las áreas adecuadas para su crecimiento podrían desplazarse hacia zonas más altas y con mayor precipitación debido a las alteraciones en los ciclos de lluvia y temperatura.

Según Tropicos (2024), Ecuador alberga 74 especies que han sido recolectadas, preservadas y documentadas por investigadores, con la mayor concentración de especímenes en las provincias de Orellana y Sucumbíos, como se observa en la imagen 1. Estos datos sugieren que el cambio climático, particularmente el incremento de sequías y la tala indiscriminada en los últimos años, podría poner en riesgo la preservación de estas especies, afectando gravemente los ecosistemas locales.

Figura 2

Colecciones con coordenadas en Ecuador para Cedrela odorata



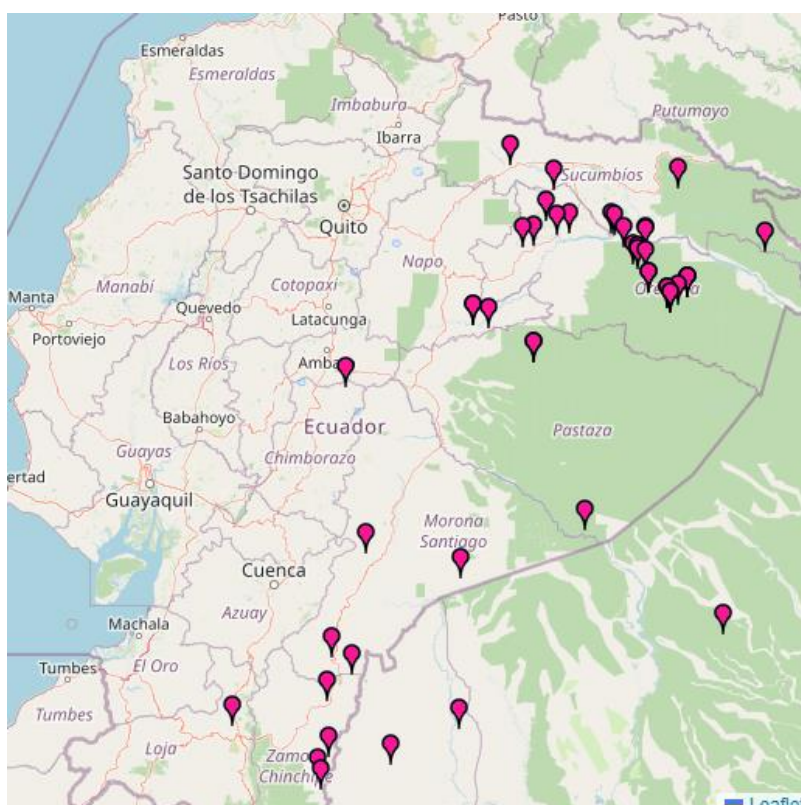
Nota: Obtenido de Tropicos (2024)

Cedrelinga cateniformis

Por su parte, *Cedrelinga cateniformis*, conocida como tornillo, es una especie nativa de los bosques primarios de la Amazonía, y en Ecuador se encuentra principalmente en la cuenca del río Napo y otras áreas adyacentes (Oliveira et al., 2022). Esta especie presenta un comportamiento distinto al de *Cedrela odorata*, ya que su adaptación está mejor vinculada a los bosques densos y no perturbados, donde el suelo profundo y la sombra del dosel permiten su desarrollo adecuado. *Cedrelinga cateniformis* es fundamental para los ecosistemas amazónicos debido a su rápido crecimiento y su uso en proyectos de reforestación y restauración ecológica (Rojas Briceño et al., 2020). Además, su distribución está fuertemente vinculada a la topografía y la calidad del suelo, lo que la hace más vulnerable a la degradación del hábitat por actividades humanas. Según Tropicos (2024) en Ecuador existen tan solo 46 especies documentadas, principalmente en la provincia de Orellana (ver Figura 2).

Figura 3

Colecciones con coordenadas en Ecuador para Cedrelinga cateniformis.



Nota: Obtenido de Tropicos (2024)

El fenómeno de la fragmentación de hábitat ha afectado gravemente a ambas especies. La expansión de la frontera agrícola, junto con la tala selectiva, ha provocado que las poblaciones de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* se fragmenten, generando una menor conectividad entre los individuos y dificultando la regeneración natural (Estrada-Contreras et al., 2016). Esta fragmentación aumenta la

vulnerabilidad de las especies a la extinción local, ya que reduce la diversidad genética y limita su capacidad de adaptación a cambios ambientales.

Impactos del cambio climático

El cambio climático representa una amenaza emergente para la distribución de ambas especies. Estudios recientes han demostrado que las variaciones en los patrones de lluvia y temperatura podrían generar desplazamientos en las zonas de distribución de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis*. En el caso de *Cedrela odorata*, se espera que las áreas de mayor idoneidad climática se reduzcan considerablemente en las tierras bajas amazónicas y se desplacen hacia zonas con altitudes más elevadas, donde la temperatura sea más fresca y la precipitación sea constante (Estrada-Contreras et al., 2016). Por otro lado, *Cedrelinga cateniformis* podría ver afectada su distribución debido a la reducción en la cantidad de bosques primarios disponibles para su crecimiento, especialmente en zonas más bajas donde el cambio climático aumente la frecuencia de sequías y episodios de deforestación (Villacís et al., 2016).

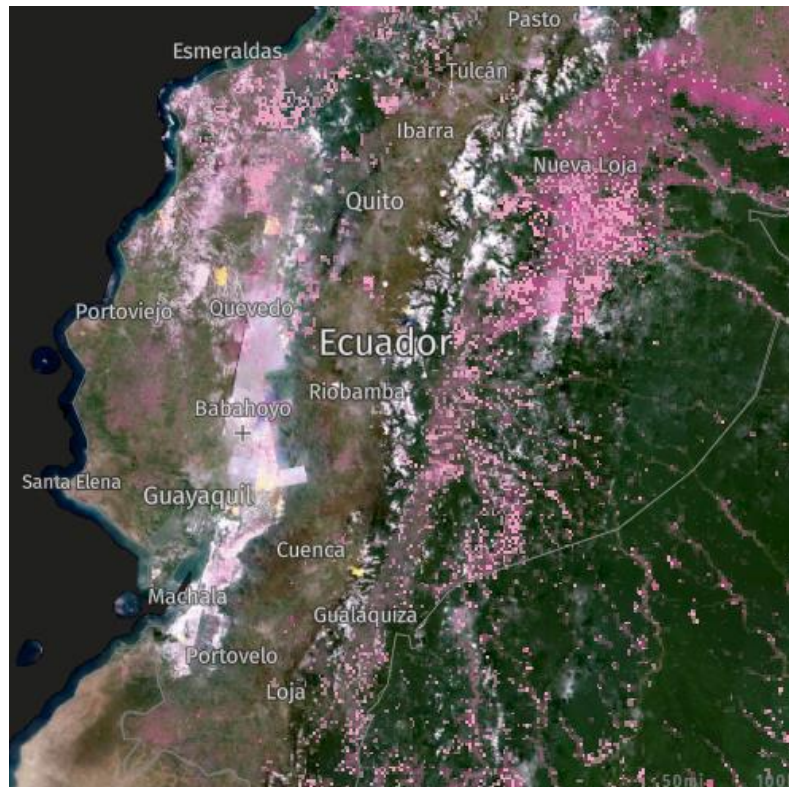
La capacidad de respuesta de estas especies a las alteraciones climáticas está condicionada no solo por sus características ecológicas inherentes, sino también por la gestión del uso del suelo y las políticas de conservación implementadas en la región. Las estrategias de conservación deben considerar tanto las necesidades ecológicas de las especies como los factores antropogénicos que agravan su vulnerabilidad.

3.2. Impactos de la deforestación y actividades humanas

La deforestación y las actividades humanas no solo han alterado profundamente la ecología de la Amazonía ecuatoriana, sino que también han puesto en peligro la supervivencia de especies forestales clave como *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis*. La intersección entre la expansión agrícola, la tala ilegal y los proyectos de infraestructura ha generado un impacto considerable sobre los ecosistemas donde prosperan estas especies, afectando su distribución natural y la biodiversidad asociada (Herrera-Feijoo et al., 2023). En la figura 3, se destacan las alertas de deforestación en Ecuador mediante puntos rosados, mientras que las áreas sombreadas en ese mismo color indican la pérdida de cobertura arbórea, atribuida principalmente a la tala indiscriminada, incendios y la expansión de la colonización. La mayor concentración de deforestación se localiza en las provincias de Napo, Sucumbíos, Orellana y Pastaza, siendo Orellana la región más afectada. En esta zona se encuentran especies vulnerables como *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis*, cuya distribución está comprometida por estas actividades.

Figura 4

Cambio de cobertura arbórea y alertas de deforestación.



Nota: Obtenido de Global Forest Watch (2024)

Expansión de la frontera agrícola y tala ilegal

La expansión de la frontera agrícola, impulsada principalmente por la creciente demanda de tierras para la agricultura y la ganadería, ha sido uno de los motores más potentes de la deforestación en la Amazonía ecuatoriana. Este proceso ha transformado grandes áreas de bosque en terrenos agrícolas, eliminando hábitats críticos para *Cedrela odorata*. Este árbol, valorado por su madera de alta calidad, ha sido objeto de una explotación intensiva, tanto legal como ilegal, lo que ha llevado a una reducción significativa de sus áreas naturales de distribución (Forest Trends, 2021). Según un estudio reciente, la conversión ilegal de tierras para uso agrícola sigue siendo una de las principales causas de deforestación en los trópicos, y gran parte de esta actividad ocurre sin respetar las regulaciones ambientales vigentes (Manzanilla-Quijada et al., 2020).

La tala ilegal es particularmente problemática en áreas remotas, donde los mecanismos de control y supervisión son débiles. En estas zonas, la falta de recursos y personal capacitado para vigilar la extracción de madera facilita la tala indiscriminada de especies como *Cedrela odorata*, que se comercializa en mercados nacionales e internacionales. Este fenómeno es agravado por la corrupción, donde se reporta la venta de guías de movilización de madera que permiten "lavar" productos forestales obtenidos de manera ilícita (Earth Journalism Network, 2023). Esta práctica ha

intensificado la presión sobre las poblaciones de *Cedrela* en áreas accesibles de la Amazonía, generando una pérdida acelerada de cobertura forestal.

Vulnerabilidad de *Cedrelinga cateniformis* a la deforestación

En cuanto a *Cedrelinga cateniformis*, la especie es sumamente vulnerable a la deforestación para la ganadería y la agricultura de pequeña escala. La expansión de estas actividades ha fragmentado gravemente los bosques primarios, que constituyen el hábitat principal de esta especie. Debido a su rápido crecimiento y a su importancia ecológica, *Cedrelinga* juega un papel vital en la regeneración de bosques degradados, pero la pérdida de hábitats adecuados limita su capacidad para desempeñar esta función (Forest Trends, 2021). La tala de esta especie también se ha incrementado debido a su valor comercial, lo que reduce aún más las áreas donde puede regenerarse naturalmente.

Tala selectiva de *Cedrela odorata*

El alto valor comercial de la madera de *Cedrela odorata* ha incentivado su tala selectiva en áreas de fácil acceso en la Amazonía ecuatoriana. Este proceso de extracción selectiva implica la remoción de árboles adultos y de gran tamaño, dejando los bosques más fragmentados y con menor capacidad para regenerarse de manera natural. Además, las áreas donde se realiza la tala tienden a volverse más susceptibles a invasiones posteriores para la agricultura y otras actividades, lo que amplifica los impactos de la deforestación (Forest Trends, 2021). A pesar de los esfuerzos por regular esta práctica, las limitaciones en la implementación de políticas efectivas y la falta de cumplimiento en las zonas rurales han permitido que esta actividad continúe a gran escala.

Proyectos de infraestructura y acceso a áreas remotas

Los proyectos de infraestructura, como la construcción de carreteras y otras vías de acceso, han jugado un papel crucial en la expansión de la deforestación. Estas infraestructuras facilitan el acceso a áreas previamente remotas, lo que permite a los madereros ilegales y agricultores expandir sus actividades a nuevas zonas. La construcción de carreteras en la Amazonía no solo abre áreas intactas a la explotación forestal, sino que también promueve la colonización de tierras, lo que a menudo va acompañado de la conversión de bosques en terrenos agrícolas o ganaderos (Stahle et al., 2020). Este proceso ha facilitado la extracción de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis*, especies que antes estaban protegidas por la inaccesibilidad de sus hábitats.

En suma, la combinación de tala ilegal, expansión agrícola y nuevas infraestructuras ha tenido un impacto devastador en los ecosistemas forestales de la Amazonía ecuatoriana. La falta de aplicación efectiva de las leyes ambientales, junto con la corrupción y la creciente demanda de tierras, han exacerbado la presión sobre especies como *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis*, reduciendo significativamente sus áreas de distribución y su capacidad para regenerarse. Esto

subraya la necesidad urgente de fortalecer las políticas de conservación y manejo sostenible de los recursos forestales en la región.

3.3. Estado de conservación y amenazas

El estado de conservación de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* refleja una situación crítica, exacerbada por la explotación descontrolada y la falta de estrategias sostenibles. Estas especies, emblemáticas del ecosistema amazónico, enfrentan amenazas significativas debido a la sobreexplotación, la pérdida de hábitat y la debilidad en la implementación de políticas de conservación.

***Cedrela odorata*: Vulnerabilidad y fragmentación del hábitat**

Cedrela odorata, comúnmente conocida como cedro, ha sido clasificada como vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Esta categoría indica que la especie enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre debido a la continua sobreexplotación de sus poblaciones naturales y la fragmentación de su hábitat (IUCN, 2024). Uno de los principales motores de su vulnerabilidad es la tala selectiva, promovida por la alta demanda de su madera en los mercados internacionales, que ha llevado a una disminución sustancial de sus áreas de distribución, especialmente en zonas accesibles de la Amazonía ecuatoriana (Earth Journalism Network, 2023). La fragmentación de los hábitats, causada principalmente por la expansión de actividades agrícolas y ganaderas, ha reducido la conectividad entre las poblaciones de *Cedrela odorata*, lo que afecta gravemente su capacidad de regeneración y su viabilidad genética a largo plazo (Forest Trends, 2021).

La situación es particularmente preocupante en la Amazonía, donde la tala ilegal sigue siendo una amenaza constante. Los mecanismos de control no logran frenar de manera efectiva la extracción ilegal, debido a la falta de recursos y personal capacitado en las zonas más remotas. Esta debilidad en el monitoreo y control forestal facilita la explotación insostenible, lo que incrementa la fragmentación de los bosques (Gálvez López et al., 2020). A pesar de los intentos de regular la tala de *Cedrela odorata* en Ecuador, los esfuerzos han sido insuficientes, y la aplicación de las normativas ha mostrado ser inconsistente en muchas regiones (Missouri Botanical Garden, 2024).

***Cedrelinga cateniformis*: Conservación insuficiente y amenazas emergentes**

En cuanto a *Cedrelinga cateniformis*, aunque no ha sido ampliamente evaluada por la UICN, estudios recientes sugieren que enfrenta amenazas similares a las de *Cedrela odorata*. La deforestación para la expansión agrícola y ganadera ha reducido considerablemente su hábitat en los bosques primarios de la Amazonía (Lombard et al., 2008). A diferencia de *Cedrela odorata*, que ha sido objeto de mayor escrutinio, *Cedrelinga cateniformis* no ha recibido la misma atención en términos de estrategias de conservación específicas, lo que podría dejarla más vulnerable a la extinción local si no se toman medidas urgentes (Earth Journalism Network, 2023).

Las características ecológicas de *Cedrelinga* la hacen esencial para la regeneración forestal en áreas degradadas. No obstante, la falta de planes de manejo forestal sostenible ha dificultado su protección efectiva. Las políticas de conservación existentes no han abordado adecuadamente la gestión de los bosques donde crece, lo que agrava su vulnerabilidad frente a la pérdida de hábitat (Rojas Briceño et al., 2020).

Falta de planes de manejo sostenible y debilidad en la legislación

Una de las principales limitaciones para la conservación efectiva de estas especies es la falta de planes de manejo forestal sostenible. En muchas regiones de la Amazonía ecuatoriana, los esfuerzos por implementar prácticas sostenibles se ven obstaculizados por la falta de financiamiento, el limitado acceso a tecnologías de monitoreo y la corrupción en la ejecución de políticas ambientales (Forest Trends, 2021). Esta situación ha permitido que la tala ilegal continúe sin control adecuado, socavando los esfuerzos de conservación.

En Ecuador, la legislación ha intentado regular la explotación de *Cedrela odorata*, pero la aplicación de las normas sigue siendo insuficiente. Las áreas más remotas, donde se concentra gran parte de la biodiversidad amazónica, carecen de mecanismos efectivos para supervisar y controlar la extracción de madera, lo que facilita la persistencia de la tala ilegal (Earth Journalism Network, 2023). La falta de coordinación entre las distintas instituciones gubernamentales y la ausencia de programas de restauración ecológica a largo plazo han perpetuado este ciclo de degradación forestal.

3.4. Proyecciones futuras y estrategias de conservación

El análisis de las proyecciones futuras y las estrategias de conservación para *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* revela la necesidad urgente de mitigar los efectos del cambio climático y la presión humana sobre sus hábitats en la Amazonía ecuatoriana. Estos árboles desempeñan un rol ecológico y económico vital, pero enfrentan desafíos significativos debido a la fragmentación del hábitat, la explotación forestal y los cambios climáticos proyectados.

Modelos climáticos y pérdida de idoneidad del hábitat para *Cedrela odorata*

Estudios recientes utilizando modelos climáticos han proyectado una reducción significativa en la idoneidad del hábitat de *Cedrela odorata* en la Amazonía. Las proyecciones indican que, debido al aumento de las temperaturas y a la disminución de las precipitaciones, las áreas adecuadas para su crecimiento podrían verse drásticamente reducidas en los próximos años (Estrada-Contreras et al., 2016). Los modelos de nicho ecológico, como MaxLike y MaxEnt, han sido cruciales para predecir estas modificaciones, señalando que las condiciones climáticas más favorables para la especie se desplazarán hacia áreas más altas y húmedas (Porfirio et al., 2014). La pérdida de hábitat adecuado para *Cedrela odorata* podría llevar a la extinción de

poblaciones locales si no se implementan estrategias efectivas de restauración en zonas menos afectadas.

El cambio climático no solo afecta la distribución geográfica, sino también la fenología y la productividad de *Cedrela odorata*. El aumento de los periodos de sequía y la variabilidad en las estaciones de lluvia reducen las tasas de crecimiento y regeneración natural, lo que pone en riesgo las futuras cosechas de madera, y también limita el uso de la especie en la silvicultura sostenible (Finch et al., 2019).

Reforestación con *Cedrelinga cateniformis*

Cedrelinga cateniformis ha sido identificada como una especie clave para proyectos de restauración ecológica en áreas degradadas de la Amazonía. Su rápido crecimiento y adaptabilidad a diversas condiciones del suelo hacen que sea una opción viable para la reforestación, especialmente en tierras donde otras especies tienen dificultades para establecerse (Woodward, 1996). Además, su capacidad para mejorar la calidad del suelo y favorecer la biodiversidad circundante le otorga un papel fundamental en la recuperación de ecosistemas deteriorados por la deforestación y la agricultura expansiva (Rojas Briceño et al., 2020). Se ha propuesto su uso en corredores biológicos que conecten fragmentos de bosque, lo que no solo restauraría el hábitat, sino que también favorecería la conectividad ecológica.

Aplicación de herramientas genéticas para la conservación

El uso de herramientas genéticas avanzadas, como los análisis de variación de ADN, puede mejorar considerablemente las estrategias de conservación para *Cedrela odorata*. Los estudios de genética de poblaciones permiten identificar poblaciones viables y determinar las áreas geográficas con mayor diversidad genética, lo que es esencial para la conservación a largo plazo. Investigaciones recientes han utilizado SNPs (polimorfismos de nucleótido único) para predecir el origen geográfico de las poblaciones de *Cedrela*, lo que permite una planificación de conservación más precisa y dirigida (Finch et al., 2019). Esta tecnología no solo ayuda a identificar áreas clave para la reforestación, sino que también proporciona información valiosa sobre las dinámicas de dispersión y adaptación de la especie a condiciones climáticas cambiantes.

Corredores ecológicos y áreas protegidas

Una de las estrategias más efectivas para mitigar la fragmentación del hábitat es la creación de corredores ecológicos que conecten las poblaciones de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis*. Estos corredores no solo facilitan el flujo genético entre poblaciones fragmentadas, sino que también proporcionan hábitats continuos para una amplia variedad de especies (Porfirio et al., 2014). La implementación de áreas protegidas que incluyan estos corredores es fundamental para preservar la biodiversidad de la Amazonía. Además, es necesario un enfoque integral que combine la protección de áreas clave con la restauración activa de tierras degradadas.

El éxito de estas estrategias depende en gran medida de la colaboración entre gobiernos, comunidades locales y organizaciones internacionales. Las políticas de conservación deben ser apoyadas por inversiones en investigación, monitoreo de biodiversidad y la aplicación estricta de las leyes forestales. En este contexto, la educación y el empoderamiento de las comunidades indígenas para participar activamente en la gestión de los recursos forestales también son componentes esenciales para el éxito de cualquier plan de conservación.

4. Discusión

La distribución geográfica, el estado de conservación y las proyecciones futuras de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana revela la complejidad de los desafíos que enfrenta la conservación de estas especies en un contexto de cambio climático y deforestación acelerada. Ambos árboles, fundamentales tanto para la economía local como para la estabilidad ecológica del ecosistema amazónico, se encuentran en situaciones críticas debido a las crecientes presiones humanas y la inestabilidad ambiental proyectada para las próximas décadas.

El análisis de *Cedrela odorata* muestra una clara tendencia a la disminución de la idoneidad de su hábitat bajo escenarios de cambio climático. Modelos como MaxLike han demostrado que el aumento de la temperatura y la reducción de las precipitaciones modificarán significativamente las áreas adecuadas para su crecimiento, lo que exigirá la reubicación de esfuerzos de conservación y restauración en zonas menos afectadas (Estrada-Contreras et al., 2016). La importancia de esta especie radica no solo en su valor comercial, sino en su rol como pionera en la recuperación de suelos degradados. Sin embargo, su fragmentación actual y su vulnerabilidad genética incrementan el riesgo de que sus poblaciones naturales se extingan localmente en las próximas décadas si no se implementan medidas urgentes (Finch et al., 2019).

En el caso de *Cedrelinga cateniformis*, aunque no ha sido evaluada ampliamente en términos de conservación, las evidencias sugieren una situación igualmente preocupante. La especie es altamente vulnerable a la deforestación para la expansión de la frontera agrícola y ganadera, lo que ha reducido de manera significativa sus áreas de distribución natural (Oliveira et al., 2022). La promoción de esta especie en proyectos de reforestación representa una de las estrategias más prometedoras para la restauración de áreas degradadas en la Amazonía. Su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones edafológicas y climáticas la convierte en una opción viable para la recuperación de paisajes ecológicamente fragmentados, donde otras especies podrían no prosperar.

La combinación de estos factores resalta la necesidad de implementar un enfoque multifacético en las estrategias de conservación. El uso de herramientas genéticas

avanzadas, como los análisis de ADN para la identificación de poblaciones viables, ofrece una oportunidad para mejorar la gestión y conservación de *Cedrela odorata*, optimizando los esfuerzos en áreas donde la diversidad genética es alta y las condiciones ambientales son favorables para su sostenibilidad a largo plazo (Finch et al., 2019). Estas estrategias deben complementarse con la creación de corredores ecológicos que conecten las poblaciones fragmentadas, facilitando el flujo genético y mejorando la resiliencia de ambas especies frente a las alteraciones climáticas y antrópicas (Porfirio et al., 2014).

A pesar de los avances en la investigación y en el desarrollo de modelos predictivos para el manejo de estas especies, las debilidades en la implementación de normativas forestales en Ecuador persisten como un obstáculo importante para la conservación efectiva. Las áreas más remotas de la Amazonía, que albergan poblaciones críticas de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis*, siguen siendo vulnerables a la explotación maderera ilegal y la expansión agrícola, lo que subraya la importancia de fortalecer los mecanismos de control y aplicar con rigor las normativas existentes (Earth Journalism Network, 2023).

5. Conclusiones

A partir del análisis de la distribución geográfica, estado de conservación y proyecciones futuras de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana, se concluye que ambas especies enfrentan desafíos significativos que requieren una intervención urgente y coordinada. *Cedrela odorata* está particularmente amenazada por la fragmentación de su hábitat y la sobreexplotación, factores que se ven exacerbados por el cambio climático, lo que proyecta una disminución considerable de áreas aptas para su crecimiento. Esto subraya la necesidad de restaurar zonas menos afectadas y priorizar la protección de áreas clave para su conservación.

Por otro lado, *Cedrelinga cateniformis* representa una valiosa oportunidad para la recuperación de áreas degradadas debido a su capacidad de regeneración y su adaptabilidad a distintos entornos. Sin embargo, la falta de evaluación formal de su estado de conservación implica que podrían pasarse por alto amenazas críticas para su supervivencia. La implementación de estrategias de reforestación con esta especie puede ser crucial para restaurar la funcionalidad ecológica en zonas afectadas por la deforestación.

Es evidente que las estrategias de conservación para ambas especies deben incluir un enfoque multifacético que combine la restauración de hábitats, la creación de corredores ecológicos y el uso de herramientas genéticas para garantizar la viabilidad de las poblaciones. La coordinación entre las políticas de manejo forestal sostenible y la aplicación rigurosa de la legislación es esencial para mitigar la tala ilegal y la pérdida de biodiversidad. En conjunto, estas medidas son clave para asegurar la conservación

a largo plazo de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Referencias Bibliográficas

- Aguiar, D. L., & Andrade, F. W. C. (2023). The climate change influence on *Cedrela odorata* radial growth in the Amazon. *Sustainability*, 15(24), 16755. <https://doi.org/10.3390/su152416755>
- Caicedo-Aldaz, J. C., & Herrera-Sánchez, D. J. (2022). El Rol de la Agroecología en el Desarrollo Rural Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 1(2), 1–16. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n2/24>
- Correa-Salgado, M. de L., Herrera-Feijoo, R. J., Ruiz-Sánchez, C. I., & Guamán-Rivera, S. A. (2024). Fundamentos de Bioquímica Vegetal. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.68>
- Earth Journalism Network. (2023). *The Chunchu, Ecuador's Last Fine Wood, Is Caught Between Exploitation and Hope*. <https://earthjournalism.net>
- Estrada-Contreras, I., Equihua, M., Laborde, J., Martínez Meyer, E., & Sánchez-Velásquez, L. R. (2016). Current and future distribution of the tropical tree *Cedrela odorata* L. in Mexico under climate change scenarios using MaxLike. *PLOS ONE*, 11(10), e0164178. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164178>
- Finch, K., Cronn, R., & Heyduk, K. (2019). Predicting the geographic origin of *Cedrela odorata* based on DNA variation. *Conservation Genetics*, 20(1), 101-110. <https://doi.org/10.1007/s10592-020-01282-6>
- Forest Trends. (2021). *Illicit Harvest, Complicit Goods: The State of Illegal Deforestation for Agriculture*. <https://www.forest-trends.org>
- Gálvez López, L., Vallejo Reyna, M. A., Méndez Espinoza, C., & López Upton, J. (2020). *Cedrela odorata* L.: oportunidades para su conservación y mejoramiento genético. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(58). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i58.622>
- Herrera-Feijoo, R. J. (2024). Principales amenazas e iniciativas de conservación de la biodiversidad en Ecuador. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(1), 33–56. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n1/85>
- Herrera-Feijoo, R. J., Chicaiza-Ortiz, C. D., Rivadeneira-Arias, V. del C., & Andrade, J. C. (2023). Análisis bibliométrico como una herramienta en la biotecnología ambiental. In *Biotecnología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias* (pp. 72–91). Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.2022.17>

- IUCN. (2024). *The IUCN Red List of Threatened Species: Cedrela odorata*. <https://www.iucnredlist.org>
- Lombard, L., Bogale, M., Montenegro, F., Wingfield, B. D., & Wingfield, M. J. (2008). A new bark canker disease of the tropical hardwood tree *Cedrelinga cateniformis* in Ecuador. *Fungal Diversity*, 31, 73–81. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-56749154018&partnerID=40&md5=b83317b6aa3c0dfe12820ec0c66d6a58>
- Loor-Macías, M. G., Mendoza-Cevallos, M. G., Alcívar-Catagua, M. A., Álvarez-Gutiérrez, Y. de las M., Lino-García, M. J., Cañarte-Baque, S. J., Gras-Rodríguez, R., Quimis-Gómez, A. J., & Fienco-Bacusoy, A. R. (2024). *Regulaciones Ambientales y de Seguridad Laboral en Ecuador*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.93>
- Manzanilla-Quijada, G. E., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Yerena-Yamallel, J. I., & Manzanilla-Quiñones, U. (2020). Distribución potencial actual y futura e identificación de áreas aptas para la conservación de *Cedrela odorata* L. en la península de Yucatán. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 26(3). <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2019.10.075>
- Mieles-Giler, J. W., Guerrero-Calero, J. M., Moran-González, M. R., & Zapata-Velasco, M. L. (2024). Evaluación de la degradación ambiental en hábitats Naturales. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 65–88. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/121>
- Missouri Botanical Garden. (10 de 09 de 2024). *Tropicos*. Obtenido de <https://tropicos.org/name/20400353>
- Oliveira, M. G., Araujo, C. S., Do Vale, I., & Miranda, I. S. (2022). Tree population structure in fragments of different sizes in the Eastern Amazon. *Environment, Development and Sustainability*, 24(4), 5743–5763. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01681-w>
- Porfirio, L. L., Harris, R. M. B., Lefroy, E. C., Hugh, S., Gould, S. F., Lee, G., Bindoff, N. L., & Mackey, B. (2014). Improving the Use of Species Distribution Models in Conservation Planning and Management under Climate Change. *PLoS ONE*, 9(11), e113749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113749>
- Rojas Briceño, N. B., Cotrina Sánchez, D. A., Barboza Castillo, E., Barrena Gurbillón, M. Á., Sarmiento, F. O., Sotomayor, D. A., Oliva, M., & Salas López, R. (2020). Current and Future Distribution of Five Timber Forest Species in Amazonas, Northeast Peru: Contributions towards a Restoration Strategy. *Diversity*, 12(8), 305. <https://doi.org/10.3390/d12080305>
- Santos, G. M., Granato-Souza, D., Ancapichún, S., Oelkers, R., Haines, H. A., De Pol-Holz, R., Andreu-Hayles, L., Hua, Q., & Barbosa, A. C. (2024). A novel post-1950 CE atmospheric ^{14}C record for the tropics using absolutely dated tree rings in the equatorial Amazon. *Science of The Total Environment*, 918, 170686. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170686>
- Stahle, D. W., Torbenson, M. C. A., Howard, I. M., Granato-Souza, D., Barbosa, A. C., Feng, S., Schöngart, J., Lopez, L., Villalba, R., Villanueva, J., & Fernandes, K. (2020). Pan American interactions of Amazon precipitation, streamflow, and tree

- growth extremes. *Environmental Research Letters*, 15(10), 104092. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ababc6>
- Universidad Estatal Amazónica. (2024). Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica. Obtenido de https://www.uea.edu.ec/web/v2/?page_id=23073
- Villacís, J., Armas, C., Hang, S., & Casanoves, F. (2016). Selection of Adequate Species for Degraded Areas by Oil-Exploitation Industry as a Key Factor for Recovery Forest in the Ecuadorian Amazon. *Land Degradation & Development*, 27(7), 1771–1780. <https://doi.org/10.1002/ldr.2511>
- Woodward, C. L. (1996). Soil compaction and topsoil removal effects on soil properties and seedling growth in Amazonian Ecuador. *Forest Ecology and Management*, 82(1–3), 197–209. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(95\)03667-9](https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03667-9)
- World Resources Institute. (10 de 09 de 2024). Global Forest Watch. Obtenido de <https://www.globalforestwatch.org/>