



FOLIA
Amazónica

Revista del Instituto de Investigaciones
de la Amazonía Peruana

IMPACTO DE LA INCLUSIÓN DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla*) EN EL APÉNDICE II DE CITES: ANÁLISIS DEL COMERCIO EN PERÚ Y SU COMPARACIÓN GLOBAL

Harol GUTIERREZ^{1*}; Freddy MEJÍA-COICO²; Freddy PELÁEZ-PELÁEZ²;
Alejandrina SOTELO-MENDEZ³; Edgar NORABUENA MEZA⁴; Edward FLORES⁵;
David GÁLVEZ-PAUCAR⁶

¹ Universidad Científica del Sur, Panamericana Sur Km. 19, Villa, Lima, Perú;

² Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas, , Av. Juan Pablo II s/n –Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

³ Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Zootecnia. Av. La Molina s/n, Lima, Perú.

⁴ Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Química y Textil. Lima, Perú.

⁵ Universidad Nacional Federico Villarreal. Facultad de Ingeniería Electrónica e Informática. Jr. Iquique 127, Breña, Perú.

⁶ Universidad Nacional de Frontera. Unidad de Laboratorios. San Hilarión N° 101, Sullana, Perú.

* Correo electrónico: hgutierrezp@cientifica.edu.pe

RESUMEN

La caoba (*Swietenia macrophylla*) es una especie maderable con históricamente alta demanda internacional, fue incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) en el año 2002. Este estudio analiza el impacto de esta medida en el comercio de caoba en Perú y lo compara con las tendencias globales. Se emplearon datos de exportación de volumen desde 1995 hasta el 2023, analizando cambios antes y después de la entrada en vigor del Apéndice II. Mediante pruebas estadísticas de U de Mann-Whitney y modelos de suavización LOESS se evaluaron los efectos de la aplicación de las medidas regulatorias. Asimismo, a través de los datos poblacionales disponibles se modeló la población a través de una Matriz Leftkovich. Los resultados muestran que las exportaciones de Perú ($U = 93$, $p = 0.212$) no muestran un cambio significativo en el volumen de comercio, sin embargo, a nivel global ($U = 145$, $p = 0.002$) hay

diferencias estadísticamente significativas en el volumen de exportación antes y después de su inclusión en CITES. El modelo poblacional (Leftkovich) mostró una tasa de crecimiento poblacional $\lambda = 1.006$, lo que sugiere una condición de estabilidad bajo el régimen actual de aprovechamiento.

PALABRAS CLAVE: conservación; manejo forestal, no detrimento, uso sostenible.

THE IMPACT OF THE INCLUSION OF MAHOGANY (*Swietenia macrophylla*) IN CITES APPENDIX II: ANALYSIS OF TRADE IN PERU AND ITS GLOBAL COMPARISON

ABSTRACT

Mahogany (*Swietenia macrophylla*) is a timber species that has historically been in high international demand. It was listed in Appendix II of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) in 2002. This study examines the impact of this measure on the trade of mahogany in Peru and compares it with global trends. Export volume data from 1995 to 2023 were utilised, analysing changes before and after the entry into force of Appendix II. The effects of regulatory measures were assessed using Mann–Whitney U tests and LOESS smoothing models. Furthermore, available population data were used to model the population through a Lefkovitch matrix. The results indicate that Peruvian exports ($U = 93$, $p = 0.212$) did not exhibit a significant change in trade volume; however, at the global level ($U = 145$, $p = 0.002$), statistically significant differences in export volume were observed before and after its inclusion in CITES. The population model (Lefkovitch) yielded a population growth rate of $\lambda = 1.006$, suggesting a stable condition under the current harvesting regime.

KEYWORDS: conservation; forest management, non-detriment; sustainable use.

INTRODUCCIÓN

La caoba (*Swietenia macrophylla* King.) es una especie arbórea perteneciente a la familia Meliaceae, nativa de las regiones tropicales de América (Pennington & Styles, 1975). En el Perú, esta especie se distribuye principalmente en la Amazonía abarcando los departamentos de Loreto, Ucayali, San Martín y Madre de Dios, desempeñando un papel crucial tanto en los ecosistemas forestales como en la economía local (Lombardi *et al.*, 2013). Su madera es altamente valorada por su durabilidad, belleza y calidad, lo que la ha convertido en uno de los productos forestales más cotizados a nivel internacional (Kometter *et al.*, 2004).

Desde la época colonial, la caoba ha sido explotada como un recurso forestal de gran valor, exportándose principalmente a Europa para la fabricación de muebles y construcciones de lujo (Lamb, 1966). En el siglo XX, la demanda internacional creció de forma exponencial, lo que llevó a la explotación intensiva y, en muchos casos, insostenible de las poblaciones naturales de *Swietenia macrophylla* en países como Perú, Brasil y Bolivia (Grogan & Schulze, 2008, Acosta *et al.*, 2012). Esta explotación resultó en una drástica reducción de las poblaciones, especialmente en áreas de acceso más fácil, como las cercanas a ríos navegables.

En respuesta a esta situación, *Swietenia macrophylla* fue incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) en 2002. Esta decisión buscó regular el comercio internacional de caoba para garantizar que no amenazara la supervivencia de la especie. La inclusión permitió que los países exportadores establecieran medidas para la sostenibilidad, como evaluaciones de impacto ambiental y límites de extracción basados en los Dictámenes de

Extracción No Perjudicial (DENP) y la emisión de permisos de exportación CITES (CITES, 2003).

En el Perú, el manejo y la regulación del aprovechamiento de especies forestales maderables incluidas en los Apéndice de la CITES se enmarcan en la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N.º 29763. En este contexto, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) actúa como Autoridad Administrativa CITES para productos forestales, siendo responsable de emitir los permisos de exportación y de establecer los lineamientos técnicos para el aprovechamiento y comercio.

La inclusión de *Swietenia macrophylla* en el Apéndice II obligó a fortalecer estos procedimientos, incorporando requisitos adicionales de verificación, sustentación técnica y control previo a la exportación conforme a lo establecido por la Convención CITES, así como contar con la emisión del Dictamen de Extracción No Perjudicial emitido por la Autoridad Científica CITES designada quien evalúa el riesgo de detrimento de las poblaciones naturales (MINAM, 2013). El presente estudio evalúa el impacto de esta inclusión sobre el comercio de caoba, enfocándose en Perú como un país exportador clave, y compara las tendencias nacionales con las globales para determinar el alcance de las regulaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

DATOS DE COMERCIO

Se elaboró una base de datos a partir de los informes anuales de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y de la CITES Trade Database. A partir de estas fuentes se filtraron los registros globales y aquellos correspondientes al Perú (exportaciones), considerando únicamente los productos maderables reportados para *Swietenia macrophylla*. Las

categorías incluidas fueron madera aserrada (SAW), madera en troza (LOG), madera elaborada o semielaborada (LUM) y chapas o láminas (VEN), que constituyen los principales tipos de productos de caoba declarados en el comercio internacional. Estas categorías fueron estandarizadas para asegurar comparabilidad en las series anuales analizadas.

El período analizado incluyó los años 1995-2023, con el objetivo de abarcar tanto los años previos (1995-2002) como posteriores (2003-2023) a la inclusión de *Swietenia macrophylla* en el Apéndice II de CITES (CITES, 2021). Se seleccionaron datos desde 1995 porque a partir de allí se registraron datos de exportaciones procedentes del Perú.

Para estandarizar los registros del comercio de *S. macrophylla*, todos los datos se expresaron en volumen (m^3). Cuando los valores fueron reportados en unidades de peso, la conversión se realizó utilizando la gravedad específica básica publicada para la especie. Según Chudnoff (1980), la caoba presenta una gravedad específica básica promedio de 0.55, dentro del rango reportado para la especie, lo que permite estimar densidades en el orden de $550 \text{ kg}/m^3$. Con estos parámetros, el volumen se calculó mediante la relación física directa: $\text{Volumen } (m^3) = \text{masa } (kg) / \text{densidad } (kg/m^3)$. Para los productos comercializados como piezas de madera aserrada (tablones), se utilizó la fórmula geométrica estándar: $\text{Volumen } (m^3) = \text{largo } (m) \times \text{ancho } (m) \times \text{espesor } (m)$, previa conversión de todas las dimensiones al sistema métrico decimal. Este procedimiento permitió homogenizar los datos y hacer comparables los registros anuales y las diferentes categorías de productos incluidos en el comercio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con el objeto de identificar cambios significativos en la tendencia del comercio, se aplicó un

análisis de puntos de quiebre (breakpoints) utilizando el paquete `strucchange` de R, mediante la función `breakpoints()`, la cual estima cambios estructurales en series temporales basándose en mínimos cuadrados. El número óptimo de quiebres se seleccionó mediante el criterio BIC. Adicionalmente, se empleó la prueba de Mann-Whitney (U-test), implementada con la función `wilcox.test()`, para evaluar si los volúmenes de exportación diferían significativamente entre los periodos previo y posterior a la inclusión de *Swietenia macrophylla* en el Apéndice II de CITES.

Las tendencias temporales fueron modeladas mediante suavizamiento LOESS (Locally Weighted Scatterplot Smoothing), especificando una fracción de suavizamiento (`span`) de 0.75, ajuste local polinomial de primer orden (`degree = 1`) y método robusto (`family = "gaussian"`), parámetros recomendados para series temporales ambientales donde se busca capturar tendencias sin sobreajustar. Los análisis se realizaron en R (R Core Team, 2025). Finalmente, para la elaboración de los mapas de rutas comerciales se empleó el paquete `geosphere` para el cálculo de distancias y líneas de conexión geodésicas, integrados en visualizaciones generadas con `ggplot2`.

MODELADO POBLACIONAL

Para modelar los parámetros de dinámica poblacional se utilizó una matriz de Lefkovitch estructurada por clases diamétricas, incorporando tasas de crecimiento, supervivencia y fecundidad específicas para la especie evaluada obtenidas de la literatura disponible (Snook et al, 2005) y consultas con expertos en la ecología de la especie (Tabla 1).

Este enfoque permite evaluar la transición de individuos entre clases de tamaño y cuantificar la regeneración natural, la mortalidad y el impacto de la cosecha controlada en la estabilidad de la población. La población se dividió en siete clases

Tabla 1. Consideraciones técnicas del modelo de Lefkovitch

Parámetro	Valor	Descripción
Clases diamétricas	<30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-75, ≥75 cm	Categorías de tamaño según DAP (diámetro a la altura del pecho).
Población inicial (n_0)	2 659; 5 141; 7 386; 14 205, 30 932; 10 560, 0	Cantidad de individuos por clase en el año 0.
Mortalidad por clase (M_i)	20%, 5%, 5%, 5%, 5%, 10%, 10%	Probabilidad de muerte anual en cada clase diamétrica.
Supervivencia (S_i)	0.80, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.90, 0.90	Probabilidad de supervivencia anual (1 - mortalidad).
Crecimiento anual	0.55 cm/año	Incremento medio del DAP por año en árboles vivos.
Probabilidad de transición (G_i)	0.0183, 0.0550, 0.0550, 0.0550, 0.0550, 0.1100	Probabilidad de que un árbol pase a la siguiente clase en un año.
Producción de semillas	80 semillas/año por árbol	Cantidad media de semillas viables producidas por árbol reproductivo.
Tasa de establecimiento	1-5% (valor conservador)	Porcentaje de semillas que se convierten en plántulas establecidas.
Fecundidad (F_i)	4.0 (80 × 5%)	Número de plántulas reclutadas por árbol adulto.
Cosecha anual máxima	831 árboles/año	Cantidad máxima de individuos extraídos de la clase ≥75 cm.
Duración de la simulación	200 años	Periodo de evaluación del modelo.
Número de simulaciones	1000 iteraciones	Cantidad de simulaciones estocásticas realizadas.
Tasa de crecimiento poblacional (λ)	Calculado en 1.006	Indica que la población es estable a largo plazo.

Parámetros estimados considerando a Snook, 2000; Grogan *et al.*, (2003) y Lombardi *et al.*, (2013).

diamétricas según el diámetro a la altura del pecho (DAP): <30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-75 cm y ≥75 cm.

Se estableció la población inicial (n_0) en cada clase con base al estudio de poblaciones de la caoba en el Perú generados en el proyecto UNALM-ITTO 2009 (Lombardi *et al.*, 2013). Los valores de mortalidad (M_i) y supervivencia (S_i) fueron obtenidos a partir de estudios ecológicos sobre la especie (Grogan *et al.*, 2003; Snook, 2000). La supervivencia en cada clase se calculó como: $S_i = 1 - M_i$. Las probabilidades de transición (G_i) entre clases se determinaron con base en la tasa de crecimiento promedio de 0.55 cm/año.

Además, se incorporó la fecundidad (F_i), definida por la producción de semillas de árboles reproductores (≥50 cm DAP), con una tasa de establecimiento conservadora del 5%. Se aplicó un límite máximo de cosecha anual de 831 árboles en la última clase (≥75 cm), de acuerdo con estrategias de manejo sostenible (MINAM, 2008). La cosecha efectiva en cada iteración del modelo se definió como: $C = \min(831, N_{\geq 75})$ donde $N_{\geq 75}$ representa la cantidad de individuos disponibles en la última clase. A partir de los valores calculados, se estructuró la matriz de Leftkovich (L):

$$L = \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & F_3 & F_4 & F_5 & F_6 & F_7 \\ S_1 & G_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_2 & G_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & G_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_4 & G_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S_5 & G_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & S_6 & G_6 - C \end{bmatrix}$$

Donde:

F_i = representa la fecundidad de las clases reproductivas.

S_i = es la probabilidad de supervivencia de cada clase.

G_i = es la probabilidad de crecimiento de una clase a la siguiente.

C = es la extracción máxima de árboles en la última clase.

El modelo se aplicó para 200 años en 1000 simulaciones, para obtener valores promedio. La tasa de crecimiento poblacional (λ) se estimó a partir del mayor valor propio de la matriz de Lefkovitch, indicando la estabilidad o el declive de la población bajo cosecha controlada (Caswell, 2000).

El crecimiento poblacional se modeló de la siguiente forma: $N_{t+1} = L \times N_t$, el valor propio dominante λ de la matriz representa la tasa de crecimiento poblacional. Si $\lambda > 1$, la población crece; si $\lambda < 1$, disminuye. Para representar la evolución de la población bajo el modelo de Lefkovitch, utilizamos R y la librería ggplot2.

RESULTADOS

Los mapas del flujo comercial reveló que Perú contribuyó significativamente al comercio internacional de caoba antes de 2002 y después de dicha fecha presentó una reducción sostenida, sin embargo, el análisis muestra que representa un nodo altamente relevante en el comercio de madera de caoba, teniendo como principales mercados a México, Estados Unidos y Puerto Rico (Figura 1).

Los resultados indican que el comercio mundial de caoba presentó un incremento hasta el año 2000, seguido de una disminución progresiva a partir de 2004. En el caso de Perú, el patrón fue similar, aunque con volúmenes de exportación inferiores y una disminución menos abrupta (Tabla 2).

El análisis de breakpoints identificó cambios significativos en las tendencias del comercio en los años 1999, 2000, 2004 y 2005, coincidiendo con eventos regulatorios clave. En particular, la inclusión de la caoba en el Apéndice II de CITES en 2003 marcó un punto de inflexión en la regulación del comercio internacional. La prueba de Mann-Whitney arrojó los siguientes resultados: Mundial: $U = 145.00$, $p = 0.002$ (diferencia estadísticamente significativa), Perú: $U = 93.00$, $p = 0.212$ (diferencia no significativa). Estos resultados indican que, a nivel global, la regulación de CITES tuvo un impacto en la reducción del comercio de caoba. En contraste, en Perú la disminución fue más gradual y no estadísticamente significativa, lo que podría estar relacionado con factores locales, incluyendo dinámicas de mercado y control institucional.

El análisis de breakpoints y la prueba de U de Mann-Whitney sugieren que la implementación de CITES influyó en la reducción del comercio global de caoba. Sin embargo, la falta de significancia estadística en los datos de Perú podría reflejar una adaptación más lenta a la regulación o la persistencia de actividades comerciales no registradas. Las tendencias de LOESS evaluadas evidencian una disminución pronunciada en el comercio después de 2003, año en el que ingresa en vigor el Apéndice II de la caoba. Estos resultados indican que la inclusión de la caoba en el Apéndice II de CITES tuvo un impacto en el comercio global y en la regulación del comercio (Figura 2).

Respecto a la sostenibilidad de la población basado en los datos poblacionales disponibles, la

Principales 10 exportadores e importadores (volumen promedio reportado)

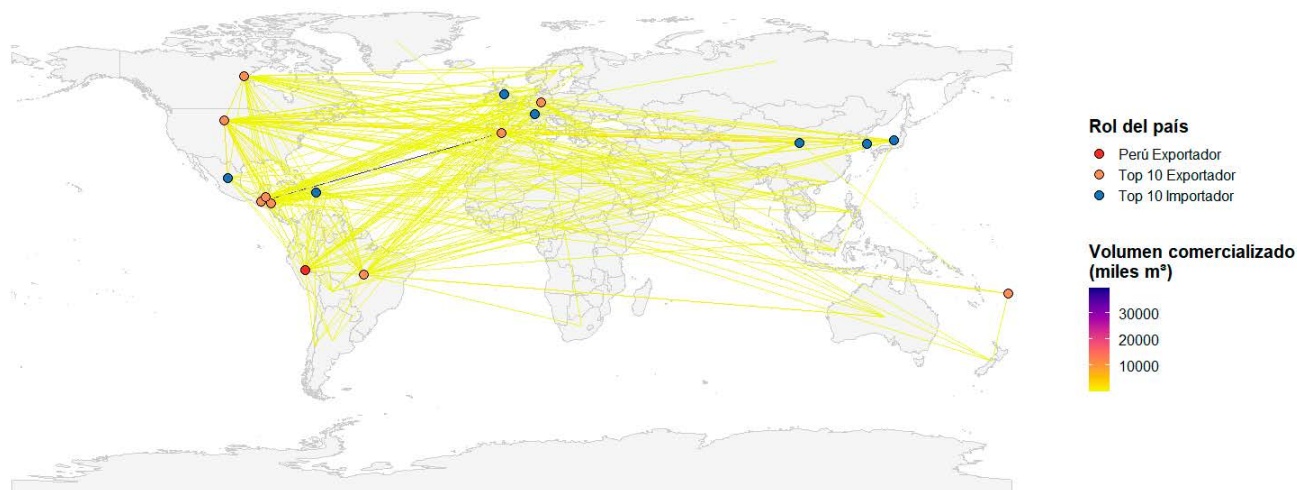


Figura 1. Flujo del comercio internacional de *Swietenia macrophylla* (caoba).

corta anual implementada en el Perú a través del modelo Leftkovich (Figura 3) mostró un valor de tasa de crecimiento de $\lambda = 1.006$ que puede ser considerado como una poblacional estable. Sin embargo, en este punto es pertinente señalar que se asumen que los valores de los datos poblacionales de UNALM-ITTO del 2009 (Lombardi *et al.*, 2013) sean cercanos a la realidad de la especie y no se hayan presentado eventos estocásticos importantes que impacten sobre las poblaciones naturales.

DISCUSIÓN

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) entró en vigor en 1975 con el propósito de proteger las especies silvestres frente a la sobreexplotación derivada del comercio internacional. La inclusión de la caoba (*Swietenia macrophylla*) el año 2003 se sustentó en la necesidad de contar con la regulación de su comercio internacional, siendo una de las especies maderables más valiosas de América Latina que ha sido llevada hasta el punto de que su densidad poblacional se ha reducido tanto que la

extracción ya no resulta comercialmente viable (Blundell & Gullison, 2003).

Los resultados obtenidos muestran que la inclusión de *Swietenia macrophylla* en el Apéndice II de CITES tuvo efectos diferenciados entre el comercio global y el comercio procedente del Perú. A nivel mundial, el análisis estadístico evidenció una disminución significativa del volumen exportado posterior a la entrada en vigor de la regulación ($U = 145$, $p = 0.002$), lo cual está relacionado con las medidas internacionales para regular su comercio sumadas a un control más estricto del aprovechamiento, en línea con Grogan & Schulze (2008) quienes señalaron que la inclusión en CITES representó un punto de inflexión en la explotación de la especie, regulando la oferta internacional y fortaleciendo los mecanismos de trazabilidad.

En contraste, los resultados obtenidos para Perú no evidencian un cambio estadísticamente significativo en el volumen de exportaciones antes y después de la inclusión ($U = 93$, $p = 0.212$). Este patrón puede explicarse por una combinación de factores: (i) la existencia de volúmenes de exportación ya reducidos antes de 2002 debido al agotamiento local de poblaciones accesibles; (ii) la persistencia de un comercio residual

Tabla 2. Volumen anual promedio de exportaciones de caoba (m³) según permisos CITES, 2008–2023

Año	Perú (m ³)	Resto del mundo (m ³)	Periodo
1996	1,957	6,000	Antes de la inclusión
1997	0	8,000	Antes de la inclusión
1998	0	7,500	Antes de la inclusión
1999	51,460	150,000	Antes de la inclusión
2000	13,768	95,000	Antes de la inclusión
2001	32,863	120,000	Antes de la inclusión
2002	52,327	135,000	Antes de la inclusión
2003	42,845	130,000	Después de la inclusión
2004	30,785	110,000	Después de la inclusión
2005	23,585	100,000	Después de la inclusión
2006	0	85,000	Después de la inclusión
2007	4,274	75,000	Después de la inclusión
2008	3,373	45,000	Después de la inclusión
2009	1,874	30,000	Después de la inclusión
2010	1,651	25,000	Después de la inclusión
2011	657	20,000	Después de la inclusión
2012	208	18,000	Después de la inclusión
2013	224	15,000	Después de la inclusión
2014	420	14,000	Después de la inclusión
2015	212	12,000	Después de la inclusión
2016	142	10,500	Después de la inclusión
2017	77	9,800	Después de la inclusión
2018	313	9,000	Después de la inclusión
2019	0	8,200	Después de la inclusión
2020	373	7,500	Después de la inclusión
2021	257	6,800	Después de la inclusión
2023	24	5,900	Después de la inclusión

proveniente de concesiones preexistentes o de inventarios autorizados con anterioridad; y (iii) la limitada capacidad institucional para fiscalizar y controlar el cumplimiento de las cuotas de extracción durante los primeros años de aplicación de la CITES, conforme lo señaló Kometter *et al.* (2004).

El análisis de breakpoints identifica los años 1999–2005 como periodos de cambio estructural en la dinámica comercial, coincidiendo con la

adopción de regulaciones nacionales y la implementación de los Dictámenes de Extracción No Perjudicial (DENP). Esto sugiere que la respuesta regulatoria fue progresiva, y que la estabilización de los niveles de exportación peruanos posteriores a 2005 podría reflejar un proceso de adaptación institucional y de transición hacia un comercio más regulado, antes que un efecto inmediato de la inclusión en CITES.

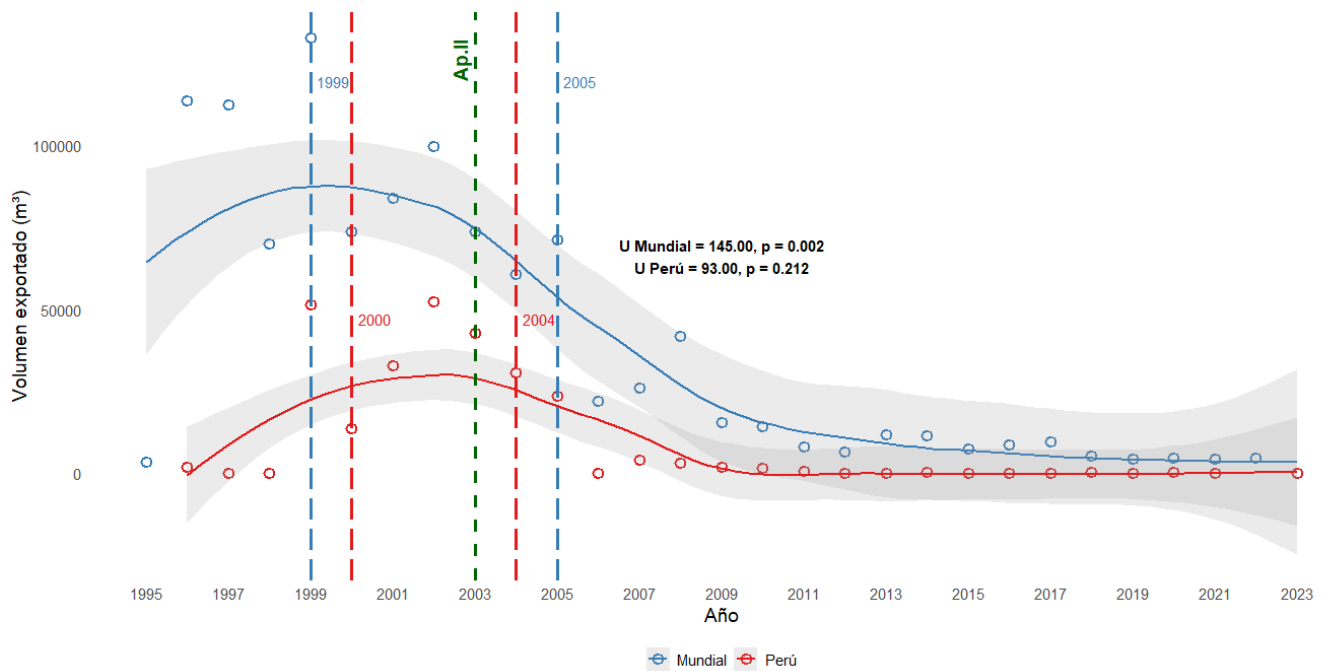


Figura 2. Evolución del comercio internacional de *Swietenia macrophylla* (caoba) origen Perú y el resto de áreas de distribución.

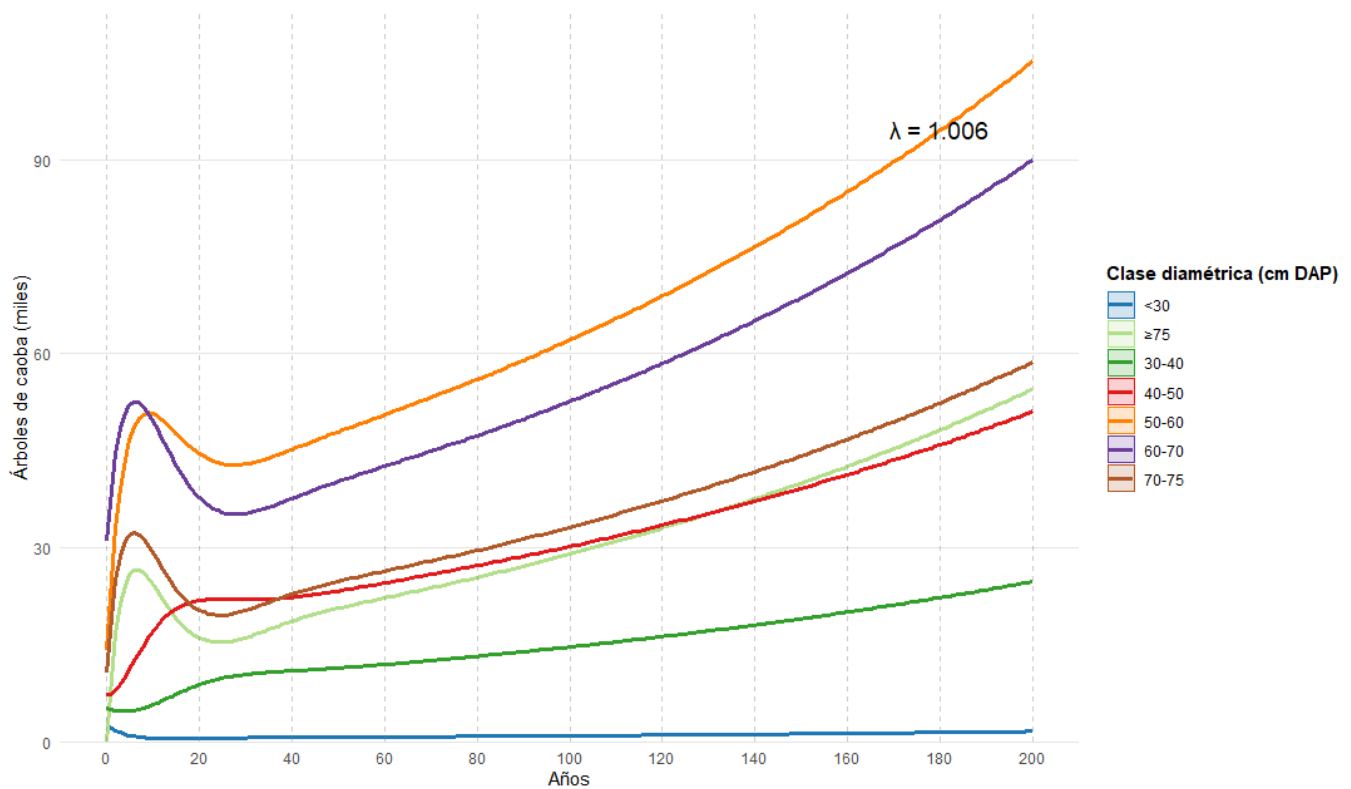


Figura 3. Población modelada de *Swietenia macrophylla* (caoba).

En cuanto a la sostenibilidad el modelo de Lefkovitch estimó una tasa de crecimiento poblacional $\lambda = 1.006$, lo que indica una condición de estabilidad bajo el régimen actual de aprovechamiento. Este resultado sugiere que, si se mantienen los niveles de corta dentro de los límites establecidos (831 árboles/año para clases ≥ 75 cm DAP), la población de caoba podría mantenerse estable en el largo plazo (MINAM, 2013). Sin embargo, esta estabilidad depende críticamente de la continuidad del reclutamiento natural y de la protección de los rodales reproductivos, pues fluctuaciones estocásticas o presiones adicionales podrían alterar el equilibrio poblacional, como advierte Caswell (2000). En línea con esto Free *et al.*, (2014) señalan que las cosechas no perjudiciales no pueden lograrse sin ampliar los ciclos de corta, incrementar las tasas de retención de árboles comerciales y aplicar periódicamente tratamientos silviculturales destinados a aumentar las tasas de crecimiento en diámetro. En dicho contexto, reconocemos la necesidad de la aplicación de tratamientos que garanticen el establecimiento de un número adecuado de árboles aprovechables. La efectividad de la inclusión de *S. macrophylla* en el Apéndice II debe entenderse como parte de un proceso gradual de ajuste de políticas, más que como un punto de inflexión inmediato en el comercio o en la dinámica poblacional.

CONCLUSIONES

La inclusión de la caoba en CITES ha contribuido a una regulación del comercio en Perú, mantiene aún niveles consistentes con su aprovechamiento histórico después de la inclusión no pudiendo atribuirse una reducción por la CITES. No obstante, el impacto a nivel global muestra una reducción sostenida en el comercio internacional de su madera. Respecto a la sostenibilidad de la

caoba en el Perú, el modelo de Lefkovitch es compatible con una población en crecimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-López, F.D.; Orantes-García, C.; Garrido-Ramírez, E.R. 2011. Germinación y crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) en condiciones de vivero. *Lacandonia*, 5(1): 13-20.
- Blundell, A.G.; Gullison, R.E. 2003. Poor regulatory capacity limits the ability of science to influence the management of mahogany. *Ecological Economics*, 46(1): 101-111. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00114-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00114-2)
- Caswell, H. 2000. Matrix population models. Vol. 1. Sinauer, Sunderland, MA
- CITES. 2003. *Sustainable management and scientifically based non-detriment findings. MWG2 Doc. 7*. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, 2nd Mahogany Working Group, Belém, Brasil.
- Chudnoff, M. 1980. *Tropical timbers of the world*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 607.
- Free, C.; Landis, R.M.; Grogan, J.; Schulze, M.D.; Lentini, M.; Dünisch, O. 2014. Management implications of long-term tree growth and mortality trees: a modeling study of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 320: 46-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.057>
- Grogan, J.; Schulze, M. 2008. Estimating the number of trees and forest area necessary to supply internationally traded volumes of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Amazonia. *Environmental Conservation*, 35(1): 26-35.
- Grogan, J.; Schulze, M.; Vidal, E. 2010. Regeneration of big-leaf mahogany in closed

- and logged forests of Southeastern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 8–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.07.003>
- Kometter, R.F.; Martinez, M.; Blundell, A.G.; Gullison, R.E.; Steininger, M.K.; Rice, R.E. 2004. Impacts of unsustainable mahogany logging in Bolivia and Peru. *Ecology and Society*, 9(1): 12.
- Lamb, F.B. 1966. *Mahogany of Tropical America: Its Ecology and Management*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Lombardi, I.; Cuba, K.; Huerta, P. 2013. *Las poblaciones de caoba (Swietenia macrophylla King) en el Perú*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. 155 pp.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2013. *Dictamen de Extracción No Perjudicial de la Caoba (Swietenia macrophylla King.) en el Perú*. 32 pp.
- Pennington, T.D.; Styles, B.T. 1975. A generic monograph of the Meliaceae. *Blumea: Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*, 22(3): 419-540.
- R Core Team. 2025. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/>
- Snook, L.K. 2000. Regeneration and growth of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the forests of Quintana Roo, Mexico. *Ciencia Forestal en México*, 25(87): 59-76.

Recibido: 28 de marzo de 2025 **Aceptado para publicación:** 17 de octubre de 2025