



# ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD Y ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN DE PALO DE ROSA EN EL PERÚ Y SUS IMPLICACIONES PARA SU EXPLOTACIÓN COMERCIAL

Harol GUTIÉRREZ<sup>1\*</sup>, Roxana CASTAÑEDA<sup>2</sup>, Edward FLORES<sup>3</sup>, Alejandrina SOTELO-MENDEZ<sup>4</sup>, Gladys TARAZONA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Científica del Sur, Panamericana Sur Km. 19, Villa, Lima, Perú

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Av. Germán Amézaga s/n., Lima, Perú.

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería Electrónica e Informática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Jr. Iquique 127, Breña, Perú.

<sup>4</sup> Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, Lima, Perú.

<sup>5</sup> Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, Lima, Perú.

\* Correo electrónico: hgutierrezp@cientifica.edu.pe

## RESUMEN

El palo rosa (*Aniba rosaeodora*, Lauraceae) destaca como una valiosa especie amazónica debido a su aceite esencial. Su comercio es regulado por CITES, enfrentando amenazas por explotación comercial. Esta investigación tiene como objeto evaluar su estado poblacional en áreas de explotación en Perú. Se evaluaron 111 ha divididas en tres fajas de 1 ha. (1000 x 10 m), separadas por 350 m, en zonas con alta probabilidad de ocurrencia (>75%). La densidad registrada fue 0,524 ind.ha<sup>-1</sup> en Loreto y 0,547 ind.ha<sup>-1</sup> en Ucayali, los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov de 2-vías muestran los valores  $D = 0,43636$  y  $p\text{-value} = 0,008083$  ( $p < 0,05$ ) sobre las densidades registradas en Loreto y Ucayali indicando que estas son diferentes. Asimismo, al modelar el aprovechamiento forestal con ciclos de corte de 20 años (80% intensidad), se observa una disminución constante en la densidad promedio a lo largo de los ciclos analizados (100 ciclos). Los resultados sugieren que esta

tendencia indicaría que la densidad disminuye gradualmente, reflejando que la extracción continuada bajo los parámetros actuales de manejo no es sostenible.

PALABRAS CLAVE: *Aniba rosaeodora*, CITES, comercio internacional, conservación

## ESTIMATION OF DENSITY AND POPULATION STRUCTURE OF ROSEWOOD IN PERU AND ITS IMPLICATIONS FOR COMMERCIAL EXPLOITATION

### ABSTRACT

The rosewood (*Aniba rosaeodora*, Lauraceae) stands out as a valuable Amazonian species due to its essential oil. Its trade is regulated by CITES, facing threats from commercial exploitation. The objective of this research is to assess its population status in exploitation areas in Peru. A total of 111 acres were evaluated, divided into three strips of 1 acre each (1000 x 10 m), separated by 350 m, in zones with a high probability of occurrence (>75%). The recorded density was 0.524 individuals per acre in Loreto and 0.547 individuals per acre in Ucayali. The results of the two-way Kolmogorov-Smirnov test show values of  $D = 0.43636$  and  $p\text{-value} = 0.008083$  ( $p < 0.05$ ) for the recorded densities in Loreto and Ucayali, indicating that they are different. Additionally, when modeling forest exploitation with 20-year cutting cycles (80% intensity), a constant decrease in average density is observed over the analyzed cycles (100 cycles). The results suggest that this trend would indicate a gradual decrease in density, reflecting that continued extraction under the current management parameters is not sustainable.

KEY WORDS: *Aniba rosaeodora*, CITES, international trade, conservation

## INTRODUCCIÓN

El palo rosa (*Aniba rosaeodora*) es una especie arbórea de gran importancia económica en la Amazonía. Su comercio está vinculado a la producción de su aceite esencial (Ahmad *et al.*, 2023). La madera puede ser utilizada en la fabricación de muebles y canoas, aunque rara vez la especie es utilizada para otros fines que no sean la extracción de aceite esencial (Homma, 2003). Es una especie en peligro de extinción en todos los bosques amazónicos, sus rodales naturales se han agotado debido a la sobreexplotación para la industria cosmética (Guizado *et al.*, 2020). El 2010, en la 15ª reunión de la Conferencia de las Partes de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2010), se incluyó el "palo rosa" en el Apéndice II bajo la anotación #12 (que designa: troncos, madera aserrada, chapas de madera, contrachapado y aceite esencial, excluyendo productos terminados envasados y listos para la venta minorista). Por esta razón, su comercio internacional está regulado por CITES. A la fecha en el Perú no se cuenta con información sobre las densidades estimadas por región y se desconoce si existen diferencias entre las áreas con presencia de la especie. Actualmente, los únicos países productores de aceite de palo rosa son Brasil y el Perú ([https://: trade.cites.org](https://trade.cites.org)). Brasil adoptó el aprovechamiento de palo rosa únicamente a partir de podas en sistemas de plantaciones, en comparación con el corte del árbol, la poda de la copa reduce la cantidad de fertilizantes que se requieren para reponer en un 44 %, disminuyendo a un 26,37% en la segunda rotación (Krainovic *et al.*, 2017). Pese a este creciente interés, no hay un trabajo que sistematice y compare las densidades existentes y evalúe la sostenibilidad futura del aprovechamiento nacional (considerando la

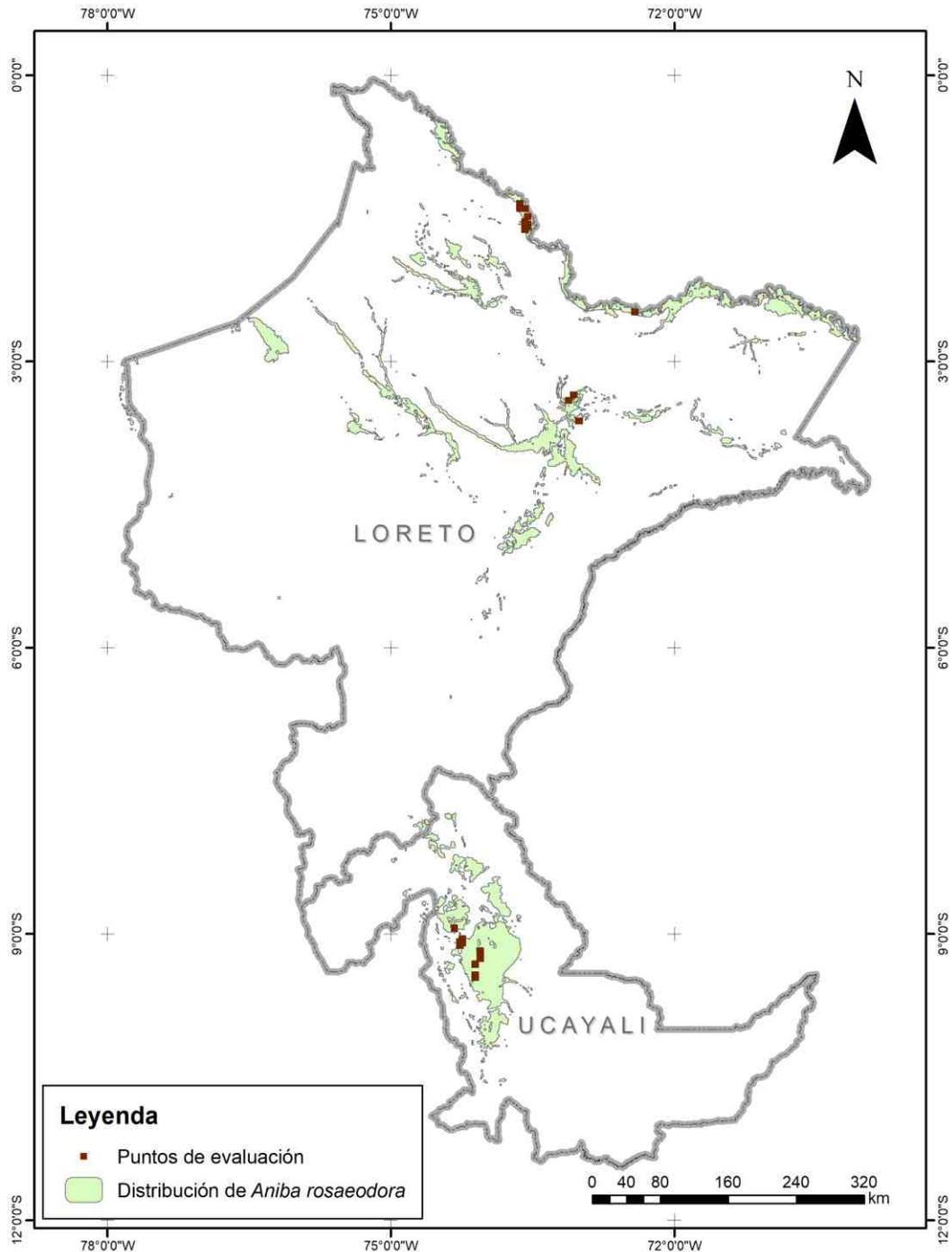
extracción total de los individuos en edades aprovechables del medio silvestre) teniendo como parámetro el diámetro mínimo de corta (dmc) de acuerdo a la legislación nacional (dmc  $\geq$  45 cm) y con ciclos de corta de 20 años de retorno por área de manejo (INRENA, 2002; INRENA, 2003). Por tal motivo, el presente estudio se enfoca en analizar las áreas de bosque amazónico (en Perú) con aprovechamiento conocido, con el objeto de analizar las diferencias en las densidades naturales y la estructura de la población de palo rosa y modelar los ciclos de corta con los parámetros de cosecha nacional con el objeto de evaluar su sostenibilidad a futuro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación de la estructura y densidad poblacional del palo rosa las zonas de muestreo fueron identificadas a partir del mapa de distribución de la especie (MINAM, 2022). El mapa de *A. rosaeodora* presenta un modelo de nicho probable de la especie de  $> 75\%$ . Sobre este mapa se aplicaron grillas de muestreo estratificado-sistemático con un error de muestreo del 15% a nivel semidetallado (Malleux, 1982) y un nivel de confianza del 95%. El número de unidades de muestreo estimadas fue calculado considerando las categorías de bosque de colina, terraza y bosque de colina baja. Utilizando la fórmula de Cochran (1993) se determinó como valores referenciales 48 ha. para Ucayali y 63 ha. para Loreto (Figura 1). Para comparar las distribuciones de datos y observar las diferencias entre las densidades encontradas en las regiones evaluadas se aplicó el test de Kolmogórov-Smirnov de dos vías en R, para realizar este cálculo, se organizaron los datos en dos vectores, uno para cada grupo (Loreto y Ucayali), y luego se aplicó la función `ks.test()` de R (R-Core Team, 2020). Con la finalidad de evaluar la sostenibilidad del

aprovechamiento forestal a partir de los datos de densidad obtenidos en las dos regiones, se desarrolló un modelo del ciclo de producción (corte) con extracción de individuos bajo

parámetros de gestión forestal conforme la reglamentación forestal peruana y los datos biológicos-ecológicos disponibles (Tabla 1).



**Figura 1.** Mapa de distribución de las parcelas de evaluación de palo rosa ubicados en las regiones Loreto y Ucayali.

**Tabla 1.** Parámetros considerados para el desarrollo del modelo de corta.

Parámetros del modelo	Valores	Fuente
Edad_cosecha (cm)	≥ 45	INRENA 2002
Edad_ciclo (años)	20	INRENA 2003
Crecimiento diamétrico/año	0,079	SUDAM, 1979
Intensidad de corta (IC)%	0,8	INRENA 2003
Mortandad inicial (5 – 10 cm)	0,3	Santana, 2000
Mortandad posterior (20 – 45 cm)	0,05	Santana, 2000
Número de ciclos	100	Presente estudio
Restricción de crecimiento (cm)	50	SUDAM, 1979
Área total para el modelo (ha)	111	Presente estudio

Para el desarrollo del modelo se utilizó el paquete ggplot2 de R (Wickham, 2011) se consideró para el análisis 100 ciclos de 20 años. Las parcelas analizadas corresponden a los datos obtenidos de la evaluación de campo en las regiones de Ucayali (24 de septiembre al 12 de octubre de 2017) y Loreto (12 de mayo al 3 de junio de 2018) donde se evaluaron tres franjas con orientación norte de 1000 x 10 m (1 ha) distanciadas 350 m entre sí, acumulando un total de 111 ha. en cada parcela se evaluaron las clases de altura, clases diamétricas, estado sanitario y datos fenológicos de todos los individuos de *A. rosaeodora* a partir de los 5 centímetros de diámetro a la altura del pecho (dap) conforme Kometter (2022).

## RESULTADOS

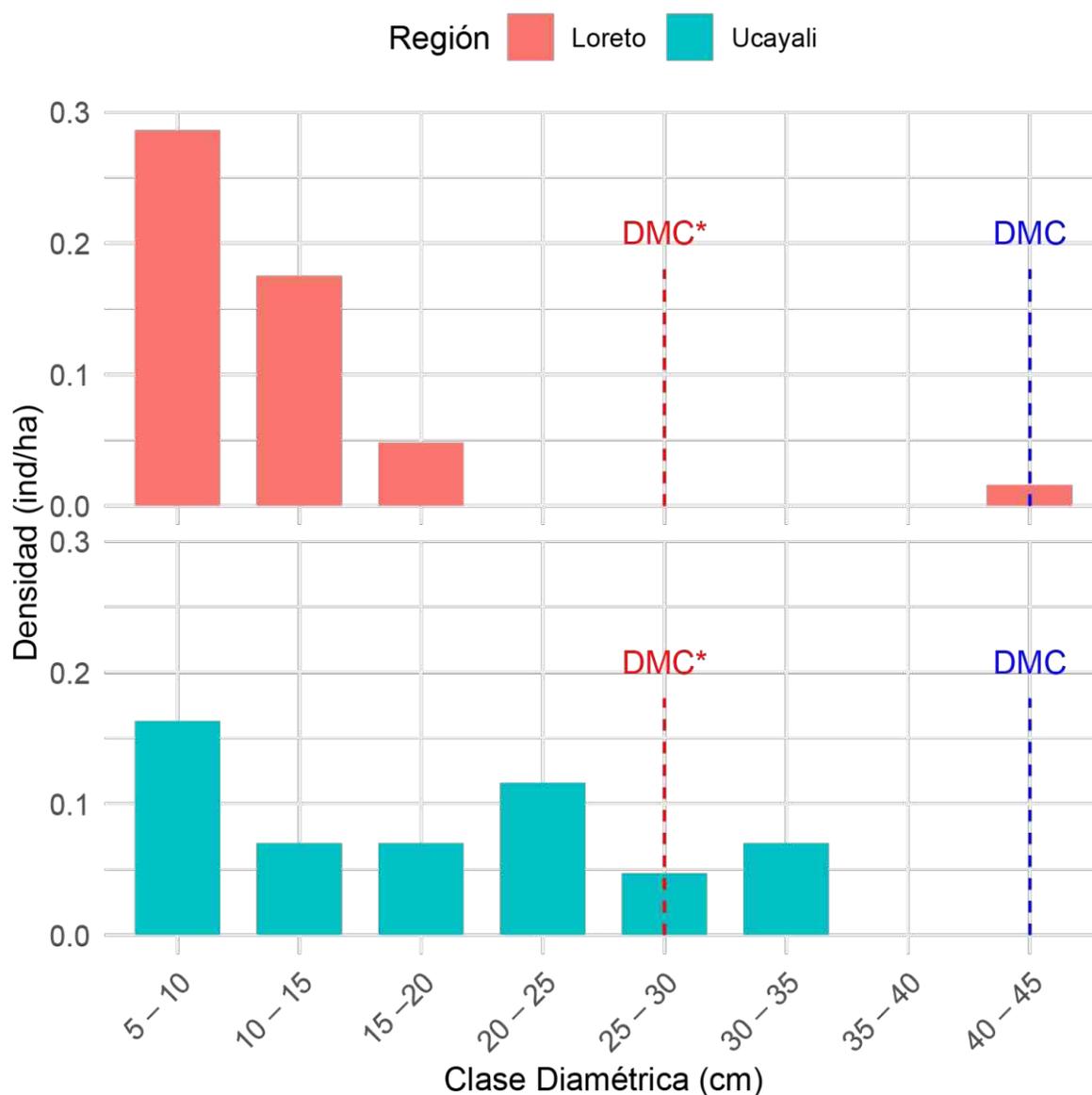
A partir del análisis de las clases diamétricas, se observó que en la región Loreto el 96,97% de los árboles tienen diámetros inferiores a 25 cm, y la media diamétrica de la población es de 10,5 ± 8,6 cm (Tabla 2).

Al respecto, en Loreto sólo el 3,03% de los individuos tienen un dap igual o mayor a 45 cm,

que es el dap considerado como aprovechable en Perú. Por su parte, en la región Ucayali el 100% de los árboles tienen diámetros inferiores a 45 cm y se observa una media de la población de 16,81 ± 9,25 cm y, el 21,74% de los individuos tienen un dap igual o mayor a 25 cm (población en crecimiento). En cuanto a las densidades observadas en Loreto se halló un 0,524 indv.ha<sup>-1</sup>, de las cuales 0,016 indv.ha<sup>-1</sup> están por encima del diámetro mínimo de corte (DMC ≥ 45 cm), y en Ucayali no se registró individuos con dap por encima del DMC (Figura 2, Tabla 3). Respecto, a otras variables dasométricas como la altura total (Ht), se han observado un mínimo de 1,5 m y un máximo de 26 m, la media de Ht estimada es de 10,176 ± 6,937 m. Respecto a las diferencias entre las densidades observadas en las categorías diamétricas de las regiones Loreto y Ucayali (Tabla 3) los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov de 2-vias muestran los valores de: D = 0,43636 y p-value = 0,008083 (p < 0,05) por lo que existe evidencia estadística para afirmar que las distribuciones de los datos de Loreto y Ucayali son diferentes.

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos de las medias observadas de los individuos de palo de rosa evaluados. Donde: dap = diámetro a la altura del pecho, Ht = altura total.

Región	Media de dap (m)	s.d. dap	Media (Ht)	CV (%)	s.d. Ht	CV (%)
Loreto	0,105	0,086	0,818	9,844	6,067	0,616
Ucayali	0,168	0,092	0,550	14,717	6,558	0,445



**Figura 2.** Histograma de densidad de palo de rosa en las regiones de Loreto y Ucayali. Donde: DMC\* = diámetro mínimo de corta (Brasil), DMC = diámetro mínimo de corta (Perú).

**Tabla 3.** Densidades calculadas de palo rosa en las parcelas muestreadas en Loreto y Ucayali (dap > 5 cm).

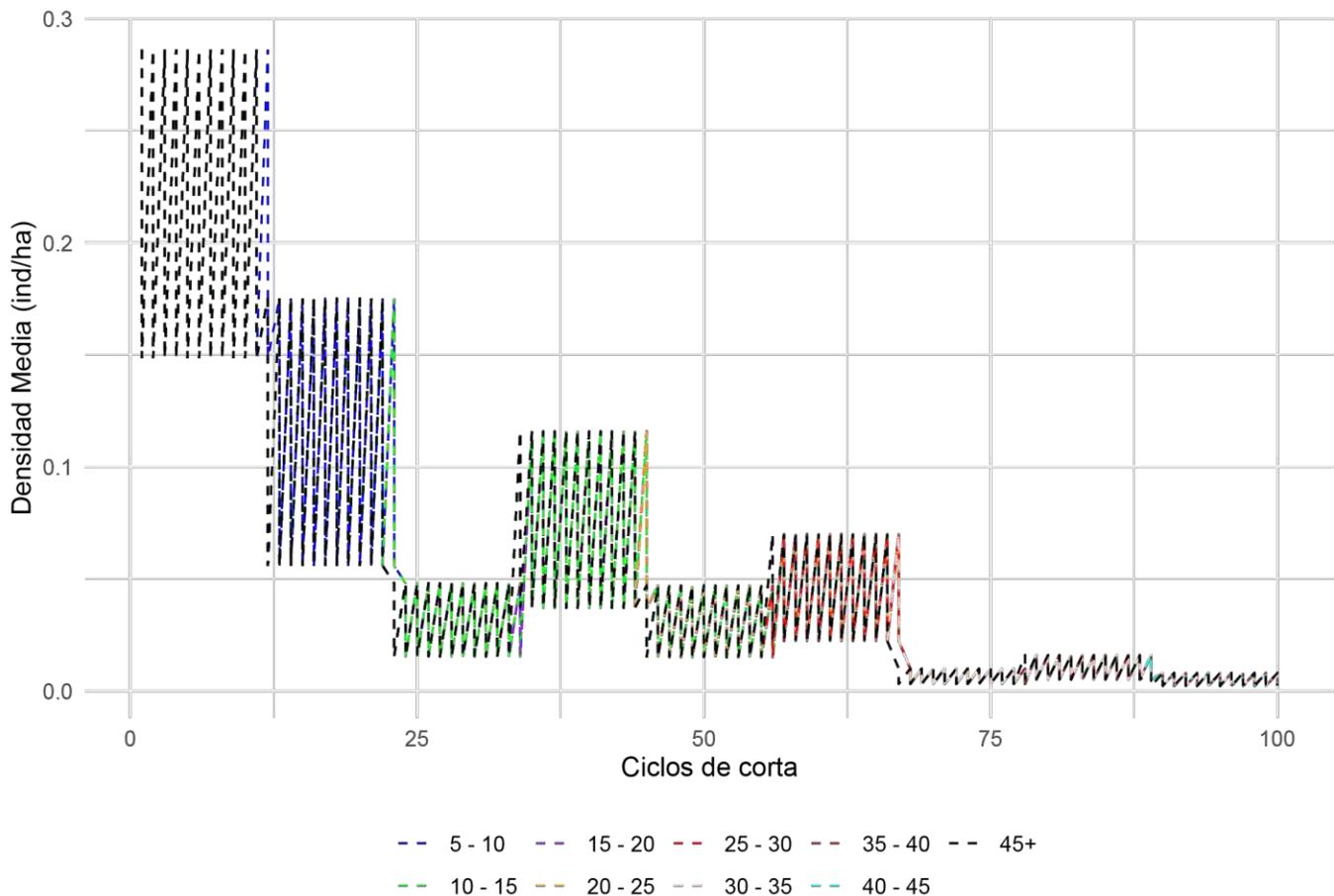
Clase dap (cm)	Individuos Loreto (63 ha)	Densidad ha <sup>-1</sup> Loreto	Individuos Ucayali (48 ha)	Densidad ha <sup>-1</sup> Ucayali
5 – 10	18	0,286	7	0,163
10 – 15	11	0,175	3	0,070
15 – 20	3	0,048	3	0,070
20 – 25	0	0,000	5	0,116
25 – 30	0	0,000	2	0,047
30 – 35	0	0,000	3	0,070
35 – 40	0	0,000	0,0	0,0
40 – 45	1	0,016	0,0	0,0

Al modelar el ciclo de producción de *A. rosaeodora*, se observó que la variación de la densidad media de árboles de palo rosa en las categorías diamétricas aprovechables (dap ≥ 45 cm) en 100 ciclos de corta analizados la densidad media se redujo de manera constante a lo largo de estos ciclos de corte. Por lo que esta disminución puede indicar que, en promedio, la extracción de árboles de palo rosa bajo los parámetros de gestión actuales puede superar su tasa de regeneración natural y crecimiento. A medida que se realizan más ciclos de corte, la densidad media de árboles en estas categorías disminuye gradualmente, lo que puede sugerir que la extracción no sea sostenible a largo plazo (Figura 3).

## DISCUSIÓN

Históricamente, las poblaciones naturales de *A. rosaeodora* en la Amazonia brasileña sufrieron una mayor presión comercial, la literatura disponible menciona la presencia de solo un árbol por cada 7 ha con dap ≥ 10 cm, y 1 árbol por hectárea con dap ≤ 10 cm, con un promedio de 1 árbol comercializable por cada 3 hectáreas (May & Barata 2004). En Perú, en Tamshiyacu (Loreto) se estimó una densidad promedio de

1,8 árboles por ha (Ríos *et al.*, 2004), siendo preciso mencionar que no se cuenta con mayor detalle del área total evaluada en estos estudios. No obstante, en la presente investigación se registran densidades de 0,524 ind.ha<sup>-1</sup> (Loreto) y 0,574 ind.ha<sup>-1</sup> (Ucayali) que son valores similares con lo mencionado por May & Barata (2004) y Ríos *et al.*, (2004) dado que con los datos de las 111 ha se estima 1 árbol por cada 2 ha (dap ≤ 10 cm). Por su parte, en un estudio con parcelas dispuestas en fajas de 10 x 100 m en el distrito de Iparía, provincia de Coronel Portillo, en la Quebrada Sismaya, cuenca del río Caco (Ucayali) se estimó la presencia de 0,2 árboles ha<sup>-1</sup> (dap ≤ 10 cm), es decir, un árbol por cada cinco ha (MINAM, 2015). La estructura diamétrica registrada en el estudio muestra la ausencia de ciertas clases de tamaño, en la región de Loreto, lo cual puede sugerir la tala intensiva pero limitada en el tiempo, o bien una perturbación episódica lo que puede condicionar una ausencia temporal de regeneración. Esto ha sido observado en varias especies con baja tasa de regeneración y alta mortalidad en sus primeros estadios, sumado a la presión comercial esto se incrementa (Ajbilou *et al.*, 2003).



**Figura 3.** Modelo del ciclo de producción (corta) con extracción de individuos (IC 80%) de *Aniba rosaeodora*.

Una de las características del “palo rosa” es que en sus primeros estadios en regeneración natural son tolerantes a la sombra (esciófitas) por un periodo corto, si el tiempo se prolonga su mortalidad es alta, debido al requerimiento de luz, es por ello que los claros del bosque favorecen su supervivencia y desarrollo (Sampaio *et al.*, 2003; Lozano *et al.* 2011). El palo rosa, es un recurso forestal de gran importancia económica para la Amazonía y dado que su comercio está asociado a la remoción completa del árbol, la especie es considerada "Vulnerable" (VU) en el Perú y en otros países con distribución natural ha sido declarada con diferentes grados de amenaza, tal es así que Brasil, Surinam y Guyana la clasifican en la categoría de Peligro (EN) y

Colombia en Peligro Crítico (CR) conforme la UICN (Barstow, 2021; Cárdenas & Salinas 2006). En todos los casos considerando las presiones actuales y la baja densidad encontrada, las categorías de amenaza planteadas para esta especie resaltan esta problemática. No obstante, en el Perú se aprecia un creciente interés en el aprovechamiento de esta especie, lo que ha generado interés en promover sus plantaciones principalmente con semillas de poblaciones naturales remanentes procedentes de las regiones de Ucayali y Loreto (MINAM, 2015). Sin embargo, un aspecto crítico en el manejo forestal es que en la presente evaluación al aplicar el modelo de aprovechamiento considerando las medidas de gestión vigentes se observó que la densidad re-

registrada se reduce en el tiempo de manera sostenida en las clases aprovechables, esto plantea un reto para la gestión forestal. Aunque existe un gran potencial para el comercio de aceite procedente de podas aún no es considerado un sustituto directo del aceite de la madera debido a que tienen características olfativas diferentes, razón por la cual la poda que no implica el corte del árbol individual no es una práctica común en la Amazonía (Fidelis *et al.*, 2013).

## CONCLUSIONES

Se observan poblaciones naturales con vacíos (huecos) en algunas clases diamétricas justo por encima del dmc, pudiendo atribuirse ello al aprovechamiento histórico y, las frecuencias diamétricas (estructura) muestran una población en crecimiento en Loreto y Ucayali. Entre estas dos regiones se han observado diferencias entre las densidades y clases diamétricas registradas. Asimismo, el modelo de producción planteado sugiere que bajo las condiciones actuales la especie no es capaz de soportar ciclos de producción que implique la extracción de individuos en edad comercial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, M. H.; Afzal, M. F.; Imran, M.; Khan, M. K.; Arshad, M. S.; Hussain, M. B.; Waheed, M. 2023. Rosewood essential oil. En: Ahmad Nayik, G. & Javed Ansari, M. *Essential Oils: Extraction, Characterization and Applications*. Academic Press. p.401-414.
- Ajbilou, R.; Marañón, T.; Arroyo-Marín, J. 2003. Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 12(2): 111-123.
- Barstow, M. 2021. Aniba rosaeodora. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T33958A88301381. IUCN. DOI: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T33958A88301381.en>
- Cárdenas, D.; Salinas, N. 2006. *Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas, primera parte*. Instituto Amazónico de Investigaciones científicas SINCHI. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Bogotá, 234pp.
- Cochran, W. 1993. *Técnicas de muestreo*. México. Compañía Editorial Continental. 513pp.
- CITES. 2010. *Examen de las propuestas de enmienda a los Apéndices I Y II*. Décimo quinta reunión de la Conferencia de las Partes Doha (Qatar). CoP15Prop.29. 11pp.
- Fidelis, C.; Sampaio, P.; Krainovic, P.; Augusto, F.; Barata L. 2013. Correlation between maturity of tree and GC GC-qMS chemical profiles of essential oil from leaves of Aniba rosaeodora Ducke. *Microchemical Journal*. 109: 73-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2012.03.034>
- Guizado, S.J.V.; Nadeem, M.A.; Ali, F.; Barut, M.; Habyarimana, E.; Gómez, T.P.; Santillan, J.A.V.; Canales, E.T.; Gómez, J.C.C.; Chung, G.; Baloch, F.S. 2020. Genetic diversity and population structure of endangered rosewood from the Peruvian Amazon using ISSR markers. *Acta Amazonica*, 50: 204-212. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201902203>
- Homma, AKO. 2003. *História da agricultura na Amazônia: da era pré-colombiana ao terceiro milênio*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 274pp.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 2002. *Resolución Jefatural N° 458-2002-INRENA: Diámetro Mínimo de Corta de Especies Maderables*. Perú. 3pp.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales, PE). 2003. *Resolución Jefatural N° 109-2003-INRENA: Lineamientos para elaborar el Plan General de Manejo Forestal y Plan Operativo Anual para Concesiones*

- Forestales con Fines Maderables*. Perú. 9pp.
- Kometter, R. 2022. *Rescatando a la especie Aniba rosaeodora Ducke "Palo rosa"*. Resumen del XV Congreso Forestal Mundial. Seúl, Korea. 15pp.
- Krainovic, P.; Almeida, D.; Desconci, D.; Veiga-Júnior, V.; Sampaio, P. 2017. Sequential Management of Commercial Rosewood (*Aniba rosaeodora* Ducke) Plantations in Central Amazonia: Seeking Sustainable Models for Essential Oil Production. *Forests*, 8(12): 438. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/f8120438>
- Lozano, F; Valencia, W.H.; Viera, G. 2011. Desarrollo inicial de *Aniba rosaeodora* Ducke en claros artificiales de bosque primario, Amazonia central brasilera. *Ingenierías & Amazonia*. 4(1): 5-18.
- Malleux, J. 1982. *Inventarios forestales en bosques tropicales*. Universidad Nacional Agraria "La Molina". Perú. 414 pp.
- May, P.; Barata, L. 2004. Rosewood Exploitation in the Brazilian Amazon: Options for Sustainable Production. *Economic Botany*, 58: 257-265. DOI: [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[0257:REITBA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[0257:REITBA]2.0.CO;2)
- MINAM. 2015. *Dictamen de Extracción No Perjudicial de Palo de rosa (Aniba rosaeodora Ducke) procedente del medio natural*. Perú. 26 pp.
- MINAM. 2022. *Geoservidor del Ministerio del Ambiente, servicio temático distribución de especie* (<https://geoservidorperu.minam.gob.pe/geominam>) Acceso: 15/06/2022.
- R Core Team. 2020. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ríos, M.; Vásquez, W.; Sicchar, J.A. 2004. *Inventario forestal selectivo de Aniba rosaeodora Ducke Lauraceae en zona de influencia de la comunidad de Tamshiyacu-río Amazonas. Informe técnico*. Órgano Técnico de Administración Especial OTAE-GOREL. 28 pp.
- Sampaio, P.T.B; Barbosa, A.P; Vieira, G; Spironello, W.R.; Ferraz, I.D.K; Camargo, J.L.C.; Quisen, R.C. 2003. Silvicultura do Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) En: INPA (Eds). *Projeto Jacarandá – fase 2: pesquisas florestais na Amazônia Central*. Manaus. p.179-189
- Santana, J. A. S. 2000. Distribuição espacial da regeneração natural de *Aniba rosaeodora* Ducke (pau-rosa). *Revista de Ciências Agrárias*, 33: 37-48.
- SUDAM. 1979. *Características silviculturais de espécies nativas e exóticas dos plantios do Centro de Tecnologia Madeireira. Estação Experimental de Curuá-Una. Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia*. Belém, PA. 351p.
- Wickham, H. 2011. *ggplot2. Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics*, 3(2): 180-185.

**Recibido:** 19 de mayo de 2023 **Aceptado para publicación:** 06 de julio de 2023