



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

# ESTRUCTURA DIAMÉTRICA Y POBLACIONAL DE *Caryodendron orinocense* EN BOSQUES LLUVIOSOS AMAZÓNICOS DE ECUADOR

## Diametric and population structure of *Caryodendron orinocense* in the Amazonian rainforest of Ecuador

Ángel BENÍTEZ<sup>1\*</sup>, Jhoony CHALAN<sup>2</sup>, Fani TINITANA<sup>1</sup>, Vladimir MOROCHO<sup>3</sup>, Luis ARMIJOS<sup>2</sup>, Omar MALAGÓN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Biodiversidad de Ecosistemas Tropicales-BIETROP, Herbario HUTPL, Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Calle M. Champagnat s/n, 1101608 Loja, Ecuador; arbenitez@utpl.edu.ec (A.B.), ftinitana@utpl.edu.ec (F.T.)

<sup>2</sup> Proyecto PROAMAZONÍA -UTPL, Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Loja, Ecuador; jfchalan@utpl.edu.ec (J. Ch.), laarmijos4@utpl.edu.ec (L. A.)

<sup>3</sup> Departamento de Química, Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Calle M. Champagnat s/n, 1101608 Loja, Ecuador; svmorocho@utpl.edu.ec (V.M.), omalagon@utpl.edu.ec (O.M.)

\* For correspondence: arbenitez@utpl.edu.ec

**Recibido:** 04 de mayo de 2021. **Revisado:** 11 de julio de 2022. **Aceptado:** 13 de enero de 2023

**Editor asociado:** Susana Feldman

**Citation/ citar este artículo como:** Benítez, Á., Chalan, J., Tinitana, F., Morocho, V., Armijos, L., Malagón, O. (2023). Estructura diamétrica y poblacional de *Caryodendron orinocense* en bosques lluviosos Amazónicos de Ecuador. *Acta Biol Colomb*, 28(3), 396-403. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n3.95513>

### RESUMEN

En la amazonia del Ecuador los productos forestales no maderables que brindan las especies forestales como *Caryodendron orinocense* cumplen un papel importante en la vida diaria de las comunidades ancestrales que han contribuido a la conservación de estos ecosistemas. Por ello, para un manejo y conservación adecuados de las especies un primer paso es conocer la estructura poblacional basada en la densidad y tamaños de los individuos, considerado como un indicador de la viabilidad de las poblaciones de una especie. Se estudió la estructura diamétrica y poblacional de *C. orinocense* en bosques de tierras bajas de una comunidad Shuar (Wisui). Se instalaron cuatro parcelas de monitoreo de 10000 m<sup>2</sup> y una de 2500 m<sup>2</sup>, donde se registró el diámetro a nivel del pecho (DAP) y la altura de todos los individuos de *C. orinocense*. Se registró un total de 127 individuos en las cinco parcelas, asociados comúnmente con *Cedrela odorata* y *Vochysia guianensis*. La estructura poblacional y diamétrica presentó una curva de “J” invertida, lo cual demuestra preliminarmente que la población de la especie tiene una estructura poblacional estable o viable relacionada con una mayor abundancia de individuos en clases de menor diámetro y tamaño (plántulas y juveniles). Así, se concluyó que el programa Socio Bosque y el uso de productos forestales no maderables (PFNM) por parte de la comunidad Wisui cumplen un papel importante en el manejo y conservación de *Caryodendron orinocense* en los bosques húmedos amazónicos de tierras bajas.

**Palabras clave:** bosques de tierras bajas, *Caryodendron orinocense*, comunidad shuar, diámetro, diversidad y tamaño.

### ABSTRACT

In the Ecuadorian Amazon, non-timber forest products provided by forest species such as *Caryodendron orinocense* play an important role in the daily life of the ancestral communities that have contributed to the conservation of these ecosystems. Therefore, for an adequate management and conservation of the species, the first step is to know the population structure based on the density and size of the individuals, considered as an indicator of the viability of the populations of a species. We studied the population and diametric of *C. orinocense* in the lowland forest of a Shuar community (Wisui). Four monitoring plots of 10000 m<sup>2</sup> and one of 2500 m<sup>2</sup> were installed, where the diameter at breast height (DBH) and the height of all individuals of *C. orinocense* were evaluated. A total of 127 individuals were recorded in the 5 plots, which were mainly associated with *Cedrela odorata* and *Vochysia guianensis* trees. The population and diameter structure presented an inverted “J” curve, which preliminarily shows that the population of the species has

a stable or viable population structure related to a high abundance of individuals in smaller diameter and size classes (seedlings and juveniles) and diameter. Thus, it is concluded that the Socio Bosque program and the use of non-timber forest products (NTFPs) by the Wisui community play an important role in the management and conservation of *Caryodendron orinocense* in lowland Amazonian rainforests.

**Keywords:** *Caryodendron orinocense*, density, diameter, diversity, lowland forests, Shuar Wisui community, size.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la región amazónica se encuentra una diversidad de plantas y animales que por años han sido aprovechadas como productos forestales no maderables (PFNM), extrayendo de ellas aceites, resinas, alimento, madera para la construcción de viviendas, artesanías, medicinas, entre otros servicios ecosistémicos (Carpentier *et al.*, 2000; Dovie, 2003; Ticktin, 2005; Balvanera, 2012). Estos PFNM cumplen un papel importante en la vida diaria y el bienestar de culturas milenarias y han contribuido a la conservación de los bosques amazónicos (Chandrasekharan *et al.*, 1996). Una especie característica de estos ecosistemas es *Caryodendron orinocense* H. Karst. ('maní de árbol' o 'cacay') de la familia Euphorbiaceae, catalogada como nativa de la Orinoquía y de la Amazonía (Cárdenas y Ramírez, 2004). Esta especie es característica de bosques húmedos en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Reckin, 1983; Alfaro *et al.*, 2000; Radice *et al.*, 2014), donde puede alcanzar una altura de 15 a 20 metros, y se desarrolla en altitudes que van de 400 a 1200 msnm y temperaturas de 24 – 30 °C (Pérez *et al.*, 1999).

La especie generalmente es aprovechada como árbol maderable, forraje, alimento, productos medicinales, e industriales, por ejemplo, su fruto es una cápsula dehiscente que contiene usualmente tres semillas denominadas comúnmente nueces que se utilizan para extraer aceite y cuyos residuos pueden ser reutilizados (Jiménez y Bernal, 1992; Díaz y Ávila, 2002; Arboleda *et al.*, 2007). En este contexto, estudios preliminares demuestran que las semillas de *C. orinocense* tiene potencial para la extracción de aceite con propiedades para utilizar en la cosmetología, y en la industria alimenticia; su torta residual contiene una buena fuente de proteína y carbohidratos con posibilidades para consumo humano y animal (Padilla *et al.*, 1996; Pérez *et al.*, 1999; Gorriti *et al.*, 2010; Padilla *et al.*, 2010). Entre los productos están: la elaboración de concentrado a partir de sus semillas, sales minerales, benzoato de sodio y melazas para lechones (Díaz y Ávila, 2002). Además, algunos estudios demuestran que se puede utilizar los residuos como biocombustible alternativo por su alto poder calorífico (Calvo, 2006; González-Alvaréz *et al.*, 2020).

Generalmente un indicador para obtener información para el manejo, aprovechamiento y conservación de las especies está relacionado con la estructura poblacional, por ejemplo, varios estudios han utilizado la densidad y estructura de tamaños como indicadores preliminares del estado de conservación y viabilidad de las poblaciones

de una especie (Leak, 1965; Elzinga *et al.*, 2001; Cuevas-Guzmán *et al.*, 2008; Godínez-Álvarez *et al.*, 2008; Palacios-Wassenaar *et al.*, 2016). Por ello, el tipo log-normal o en forma de "J" invertida (mayor cantidad de plántulas y juveniles) se ha documentado como un indicador adecuado de la estructura poblacional de una especie (Sosa *et al.*, 1998; Elzinga *et al.*, 2001). En la amazonia del Ecuador los bosques de tierras bajas que constituyen el hábitat de *C. orinocense* son considerados entre los bosques más diversos del mundo en flora y fauna (Myers *et al.*, 2000; Bass *et al.*, 2010); pero se encuentran amenazados por la deforestación, la minería, la industria petrolera y los recientes incendios forestales (Finer *et al.*, 2008; Kalamandeen *et al.*, 2018), con consecuencias graves que afectan el tamaño y distribución de las poblaciones (Sih *et al.*, 2000; Jacquemyn *et al.*, 2003). Por ello, existe la necesidad de realizar una evaluación de la estructura poblacional de *C. orinocense* en las comunidades asentadas en la Amazonia del Ecuador que por años han participado activamente en la conservación de los recursos naturales.

A pesar de los usos alimenticios, fitoquímicos, industriales y ecológicos de *C. orinocense*, a nivel de país los estudios son escasos, unas pocas investigaciones se han enfocado principalmente a la fitoquímica y ecología. Por ejemplo, Radice *et al.* (2014) analizaron la composición química y actividad antioxidante de *C. orinocense* en la amazonia ecuatoriana. Por otra parte, Aguirre-Mendoza y León (2012) investigaron los procesos fenológicos y de germinación *C. orinocense* en la provincia de Zamora Chinchipe, en tanto que Woodward (1996) analizó la relación entre las características del suelo y el crecimiento de *C. orinocense* en la provincia de Napo. Por otra parte, Feil (1997) investigó procesos de polinización y germinación de *C. orinocense* en la costa ecuatoriana. Estudios relacionados con la estructura poblacional y diamétrica de la especie no se han realizado hasta la fecha, este es el primer estudio enfocado en evaluar la estructura actual del *C. orinocense* a través de la densidad y clases diamétricas para contribuir al fortalecimiento de la conservación y manejo forestal, incluyendo a los pueblos originarios que hacen uso sustentable y resguardan estos recursos forestales. Las zonas de distribución de *Caryodendron orinocense* en la comunidad Wisui, forman parte del Programa Socio Bosque. El objetivo principal de este programa es la conservación de bosques nativos de Ecuador, con una estrategia en particular: proveer incentivos económicos para campesinos y comunidades indígenas, propendiendo también a la reducción de la pobreza rural (Granda y Yáñez, 2017). La información generada permitirá mejorar

las prácticas de aprovechamiento *C. orinocense* en Ecuador, debido a que en los últimos años el uso convencional de las especies (e.g. madera) no garantizan la sostenibilidad de la especie, derivándose en la disminución de sus poblaciones (Carpentier *et al.*, 2000, Dovie, 2003; Ticktin, 2005; López, 2008).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la provincia de Morona Santiago, cantón Taisha, parroquia Macuma, específicamente en la comunidad Shuar Wisui, que cuenta con una superficie de 4954,88 hectáreas de territorio, de las cuales 4288,16 ha han sido destinadas como área de conservación dentro del programa Socio Bosque y 666,72 ha como área destinada a otros usos (Fig. 1). Las precipitaciones anuales van de 2500 mm a 3000 mm anual y temperaturas 22 a 24 grados centígrados, la elevación entre 650 y 800 msnm. La formación vegetal corresponde a bosque siempre verde de tierras bajas en áreas de bosque primario conservado y bosque primario poco fragmentado, con superficies menores de ecosistemas montano bajo y piemontano (Palacios *et al.*, 1999).

En la comunidad Wisui actualmente habitan 180 personas de la nacionalidad shuar que conforman 45 familias. Cuenta con una escuela de formación básica bilingüe y servicios básicos como; luz eléctrica, teléfono, internet satelital, alcantarillado y agua entubada. Para llegar a la comunidad, se debe caminar aproximadamente una hora y media desde la vía principal de la parroquia Macuma, ya que no cuenta con acceso vial.

*C. orinocense*, es utilizada por la comunidad Wisui como PFNM, sus semillas son consumidas directamente a manera de nuez, asadas o tostadas, y como complemento con otros ingredientes para preparar un plato típico llamado ayampaco

### DISEÑO DE MUESTREO Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Se seleccionaron cinco sitios de muestreo en función de la distribución de *C. orinocense*, utilizando la metodología de Cerón (2005), para esto se instalaron cuatro parcelas de monitoreo de 10000 m<sup>2</sup> y una de 2500 m<sup>2</sup> en un rango altitudinal entre los 678 a 800 m s. n. m. (Fig. 1). La parcela de menor tamaño se debió a las condiciones del terreno relacionados con la topografía. En cada parcela se etiquetó y se registró el diámetro a nivel del pecho (DAP) de todos los individuos *C. orinocense*. Además, se caracterizó a todos los individuos en función de la etapa de crecimiento (altura de la planta) y desarrollo (etapa reproductiva). Las categorías correspondieron a plántulas (todos los individuos de tamaño <0,5 m), juveniles (todos los individuos de

tamaños entre, 4 – 15 m), que corresponden a individuos no reproductivos y adultos (todos los individuos de tamaño >16 m, reproductivos), adaptado de los protocolos de Flórez y Raz (2019) y Rodríguez *et al.* (2015). Finalmente se realizó una colección y descripción al azar de las especies leñosas más comúnmente asociadas a *C. orinocense*, dentro de cada parcela.

### ANÁLISIS DE DATOS

Se aplicó estadística descriptiva mediante diagramas de barras para visualizar la estructura poblacional y diamétrica de *C. orinocense*. La estructura diamétrica se basó en todos los individuos encontrados en el inventario. Para obtener el número de clases diamétricas se utilizó la regla de Sturges (1926):

$$K = 1 + 3.322 \log_{10} (N),$$

donde K = Número de clases diamétricas, Log<sub>10</sub> = Logaritmo de base 10, N= Número de individuos.

Para establecer el tamaño o ancho de clase:

$$C = V_{\text{Max}} - V_{\text{Min}} / K,$$

donde C= ancho de una clase, V<sub>Max</sub> = Valor máximo del número de individuos, V<sub>Min</sub> = Valor mínimo del número de individuos, K = Número de clases diamétricas (Cuevas-Guzmán *et al.*, 2008), con lo que se dividió a la población en siete categorías (cada categoría en intervalos de diez).

### RESULTADOS

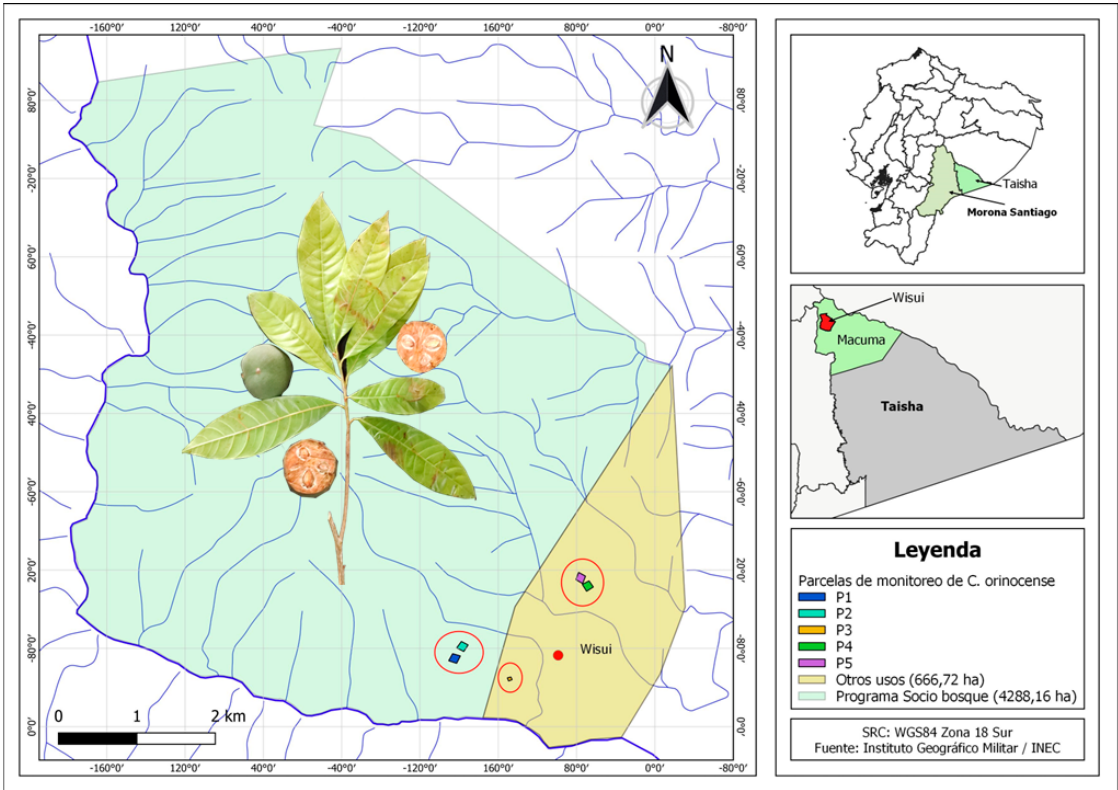
Se registraron 127 individuos de *C. orinocense* en todas las parcelas muestreadas. La distribución de estructura poblacional del *C. orinocense* está compuesta por individuos en fase de regeneración natural; 58,27 % (74) de plántulas, 16.54 % (21) de juveniles y 25,20 % (32) de adultos (Fig. 2).

La estructura diamétrica presentó una forma de “J” invertida, caracterizada por una mayor proporción de individuos de las jerarquías diamétricas pequeñas (Fig. 3), con alta proporción de individuos pequeños (aproximadamente el 65 %) y un número reducido de individuos en las clases diamétricas mayores.

Dentro de las parcelas inventariadas de *C. orinocense* se han podido observar 11 especies asociadas de mayor importancia. Entre las especies más comunes se encuentran *Cedrela odorata* y *Vochysia guianensis* (Tabla 1).

### DISCUSIÓN

Los resultados indicaron que la estructura poblacional y diamétrica de *C. orinocense* estuvo caracterizada por individuos jóvenes y de menor DAP, respectivamente, lo que indica que la población se encuentra en una continua regeneración. Se evidencian especies arbóreas forestales como *Cedrela odorata* y *Vochysia guianensis*, catalogadas como especies nativas de bosques primarios o conservados de tierras bajas (Jorgensen y León-Yáñez, 1999; Quizhpe *et al.*, 2019).

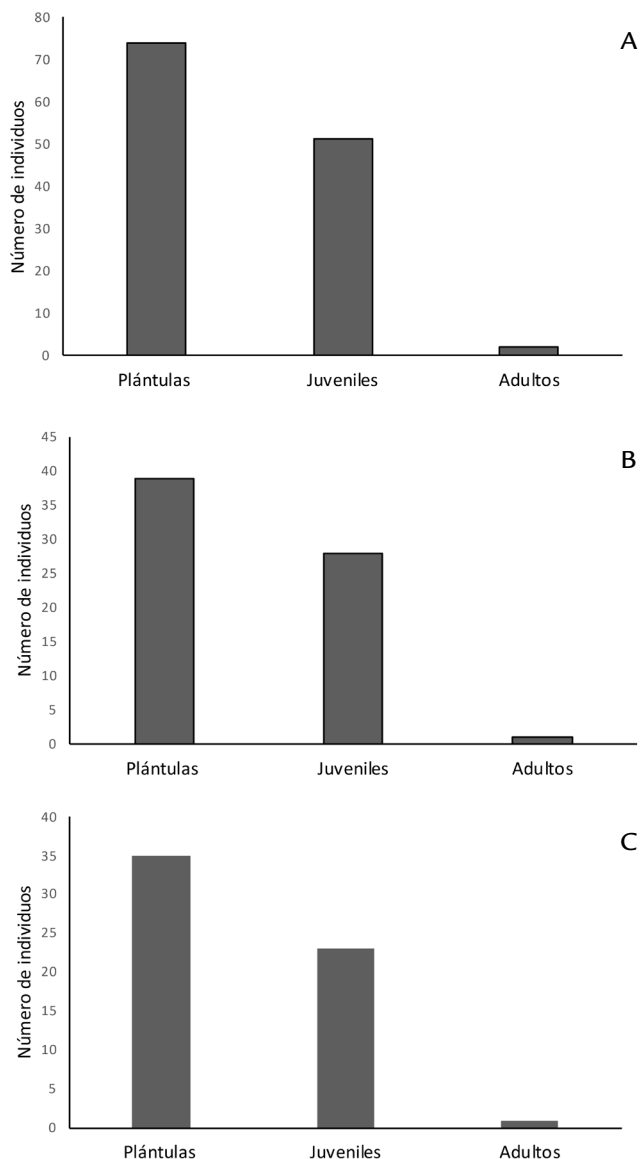


**Figura 1.** Área de estudio de *Caryodendron orinocense* en la comunidad shuar Wisui (punto rojo en el mapa) dentro del cantón Taisha en la provincia de Morona Santiago, Ecuador.

Los análisis de estructura poblacional y clases diamétricas de *C. orinocense* arrojaron graficas en forma de “J” invertida, indicando que en la población hay una gran cantidad de plántulas y juveniles, lo que implica la existencia de regeneración poblacional (en promedio, siete plántulas m<sup>-2</sup>). En este contexto, varios estudios han documentado que una mayor cantidad de individuos en etapas tempranas es evidencia de un crecimiento poblacional sostenible y viable de la población, además de una regeneración natural exitosa (e.g. Elzinga *et al.*, 2001; Godínez-Álvarez *et al.*, 2008). Así, Flórez y Raz (2019), en un estudio realizado sobre la estructura poblacional de *Brosimum alicastrum*, encontraron mayor abundancia en las plántulas y menor abundancia en los estados adultos. Siguiendo este mismo patrón, Cuevas-Guzmán *et al.* (2008) y Caldato y Pezzutti (2010) para *Nectandra rudis* C.K. Allen y *Myrocarpus frondosus* Allemão, respectivamente, hallaron que las poblaciones presentaban una forma de “J” invertida, que son características de poblaciones que poseen individuos con jerarquías diamétricas pequeñas (e.g. plántulas o juveniles). Finalmente, Topete-Corona *et al.* (2020), quienes analizaron la estructura diamétrica de *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal, encontraron una mayor proporción de individuos con diámetros menores (85 %) con una disminución hacia las clases superiores, coincidiendo que este tipo de

**Tabla 1.** Especies más frecuentemente asociadas en el hábitat de *Caryodendron orinocense*. +++: Especies más frecuentes, +: Especies menos frecuentes

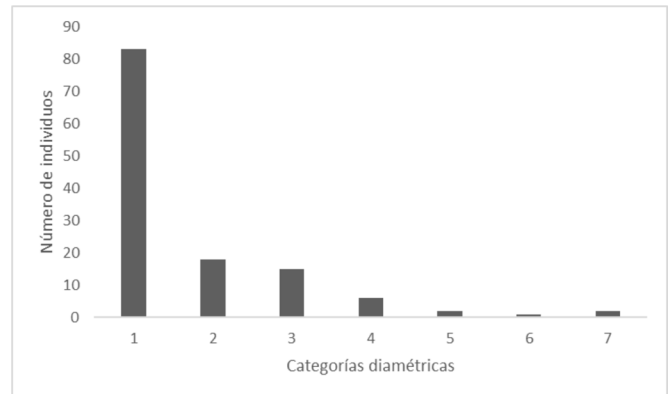
Familia	Especie	Nombre común	Presencia
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	++++
Vochysiaceae	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	Bella maría	++++
Malvaceae	<i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K. Schum	Ceibo	+
Myristicaceae	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	Llora sangre	+
Fabaceae	<i>Inga</i> sp.	Guabilla	+
Burseraceae	<i>Dacryoides peruviana</i> (Loes.) J.F. Macbr.	Copal	+
Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	Canelón	+
Moraceae	<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	Capulí	+
Euphorbiaceae	<i>Croton lechleri</i> Mull. Arg.	Sangre de drago	+
Lecythidaceae	<i>Grias peruviana</i> Miers	Huevo de burro	+
Malvaceae	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Balsa	+



**Figura 2.** Estructura poblacional de *Caryodendron orinocense*, según las diferentes categorías registradas: (A) considerando todas las parcelas evaluadas, (B) parcelas dentro del programa socio bosque y, (C) parcelas fuera del área de conservación socio bosque.

estructuras diamétricas indica que en la población existe una buena regeneración o recambio poblacional.

Nuestros resultados concuerdan con varios estudios que se enfocan en la caracterización dimétrica de un bosque a nivel de comunidad. Por ejemplo, Aguirre-Mendoza *et al.* (2018) analizaron la estructura y composición florística de un bosque húmedo en la Amazonía del Ecuador, y hallaron una distribución en forma de J, con clases diamétricas pequeñas (tres primeras clases), y pocos individuos en las clases de mayor diámetro (DAP) para las 46 especies



**Figura 3.** Distribución diamétrica de la población de *Caryodendron orinocense* considerando todas las parcelas evaluadas.

presentes. En esta misma línea, Yaguana *et al.* (2012), analizaron la diversidad florística y estructura del bosque nublado de 171 especies con  $DAP \geq 5\text{cm}$ , evidenciando una distribución en forma de “J” invertida. Finalmente, De la Quintana (2005) al analizar la diversidad florística y estructura en una parcela permanente de bosque amazónico preandino en Bolivia, determinaron la presencia de una mayor cantidad de individuos (18,9 %) en las clases más pequeñas disminuyendo hacia las clases dimétricas de mayor tamaño (0,6 %).

## CONCLUSIONES

La estructura poblacional y diamétrica analizada en cinco parcelas de muestreo con influencia de la comunidad shuar Wisui presentó una curva de “J” invertida, lo cual demuestra preliminarmente que la población de *Caryodendron orinocense* tiene una estructura poblacional estable en bosques conservados de la región, debido a una mayor abundancia de individuos en clases de menor tamaño (plántulas y juveniles). Así mismo podemos señalar que programas relacionados con el Socio Bosque y el uso de productos forestales no maderables (PFNM) por parte de la comunidad Wisui cumplen un papel importante en el manejo y conservación de *Caryodendron orinocense* en los bosques húmedos amazónicos de tierras bajas y deberían ser considerados dentro de las estrategias de restauración y preservación de estos ambientes.

## PARTICIPACIÓN DE AUTORES

Todos los autores participaron en la toma de datos, análisis de datos y escritura del manuscrito.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la comunidad Shuar Wisui, y al apoyo económico brindado por el proyecto PROAmazonía,

Ministerios del Ambiente y Agua y de Agricultura y Ganadería del Ecuador, PNUD, y a todos quienes colaboraron en la investigación.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses

## REFERENCIAS

- Aguirre-Mendoza, Z. y León, A. N. (2012). Conocimiento inicial de la fenología y germinación de diez especies forestales nativas en El Padmi, Zamora Chinchipe. *Cedamaz*, 2(1), 63-72.
- Aguirre-Mendoza, Z., Celi-Delgado, H. y Herrera-Herrera, C. (2018). Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa*, 25 (3), 923-938. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25306>
- Alfaro, M.J., Padilla, F.C. y Pérez, M.N. (2000). *Caryodendron orinocense* ('nuez de Barinas') oil: tocopherol content and use in cosmetics. *International Journal of Cosmetic Science*, 22(5), 335-340. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2494.2000.00034.x>
- Arboleda, D., Cañas, A.L., López, A. y Forero, J.E. (2007). Evaluación de la actividad antiviral in vitro de cuatro extractos de las especies *Caryodendron orinocense* y *Phyllanthus niruri* de la familia Euphorbiaceae contra los virus Herpes Bovino tipo 1 y Herpes Simplex tipo 2. *Vitae*, 14(1), 55-60.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2).
- Bass, M.S., Finer, M., Jenkins, C.N., Kreft, H., y Cisneros-Heredia, D.F., McCracken S. F., Pitman, N. C. A., English, P. H., Swing, K., Villa, G., Di Fiore, A., Voigt, C. C. y Kunz, T. H. (2010). Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuní National Park. *Plos One*, 5(1).<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008767>
- Caldato, S. L. y Pezzutti, R.V. (2010) Estructura poblacional de *Myrcarpus frondosus* Allemão en un bosque en galería de la Selva Paranaense en Misiones, Argentina. *Ciência Florestal*, 20(3), 411-418. <https://doi.org/10.5902/198050982056>
- Calvo, B. (2006) Biocombustibles de plantas para producción de biodiesel. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 72(1), 44-48.
- Cárdenas, D. y Ramírez, J.G. (2004). Plantas útiles y su incorporación a los sistemas productivos del departamento de Guaviare (Amazonía colombiana). *Caldasia*, 26(1), 95-110.
- Carpentier, C.L., Vosti, S. y Witcover, J. (2000). Intensified Production Systems on Western Brazilian Amazon Settlement Farms: Could They Save the Forest? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82(1-3), 73-88. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00217-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00217-6)
- Cerón, C. (2005). *Manual de botánica. Sistemática, Etnobotánica y Métodos de Estudio en el Ecuador*. Editorial Universitaria. Quito – Ecuador.
- Chandrasekharan, C., Frisk, T. y Roasio, J.C. (1996). *Desarrollo de productos forestales no madereros en América Latina y el Caribe*. Recuperado 15 abril de 2021 en [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_alimentos/92](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/92)
- Cuevas-Guzmán, R., García-Moya, E., Vázquez-García, J.A. y Núñez-López, N.M. (2008). Estructura poblacional y relaciones ambientales del árbol tropical *Nectandra rudis* (Lauraceae), una especie rara en el occidente de México. *Revista Biología Tropical*, 56(1), 247-256. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i1.5521>
- De la Quintana, D. (2005). Diversidad florística y estructura de una parcela permanente en un bosque amazónico preandino del sector del Río Hondo, Área Natural de Manejo Integrado Madidi (La Paz, Bolivia). *Ecología en Bolivia*, 40(3), 418-442.
- Díaz, J.A. y Ávila, L.M. (2002). *Sondeo del mercado mundial de Inchi (Caryodendron orinocense)*. *Biocomercio Sostenible*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt". Bogotá, Colombia. 16 pp.
- Dovie, D.B.K. (2003). Rural Economy and Livelihoods from the Non-Timber Forest Products Trade. Compromising Sustainability in southern Africa?. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 10(3), 247-262. <https://doi.org/10.1080/13504500309469803>
- Elzinga, C.L., Salzer, D.W., Willoughby, J.W. y Gibbs, J.P. (2001). *Monitoring plant and animal populations*. Blackwell Science. UK, London.
- Feil, J.P. (1997). Biología de la polinización y producción de semillas de *Caryodendron orinocense* dioico (Euphorbiaceae) en una plantación en la costa de Ecuador. *Economic Botany*, 51(4), 392-402. <https://doi.org/10.1007/BF02861051>
- Finer, M., Jenkins, C.N., Pimm, S.L., Keane, B. y Ross, C. (2008). Oil and gas projects in the Western Amazon: Threats to wilderness, biodiversity, and indigenous peoples. *PloS One*. 3(8), e2932. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002932>
- Flórez, P.M. y Raz, L. (2019). Estructura poblacional y patrón espacial de *Brosimum alicastrum* en el bosque seco de la región Caribe de Colombia. *Caldasia*, 41(1), 152-164. <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71307>
- Godínez-Álvarez, H., Jiménez, M., Mendoza, M., Pérez, F., Roldán, P., Ríos-Casanova, L. y Lira, R. (2008). Densidad, estructura poblacional, reproducción y supervivencia de cuatro especies de plantas útiles en el Valle de Tehuacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(2), 393-403. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2008.002.561>

- González-Alvaréz, A.C., Rodríguez-Jiménez, L.A., Laguna-Chacón, J.R. y López-Muñoz, L.G. (2020). Evaluación de la Eficiencia Energética del Cuesco de Cacay (*caryodendron Orinocense*). *Sistemas de Producción Agroecológicos*, 11(2), 2-22. <https://doi.org/10.22579/22484817.468>
- Corriti, A., Arroyo, J., Quispe, F., Cisneros, B., Condorhuamán, M., Almora, Y. y Chumpitaz, V. (2010). Toxicidad oral a 60 días del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y linaza (*Linum usitatissimum* L.) y determinación de la dosis letal 50 en roedores. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 27(3), 352-360. <https://doi.org/10.1590/S1726-46342010000300007>
- Granda, M. J. y Yáñez, P. (2017). Estudio sobre la percepción de los beneficios del programa socio bosque en la región amazónica ecuatoriana. *La Granja*, 26(2), 28-37. <https://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.03>
- Jacquemyn, H., Butaye, J. y Hermy, M. (2003). Impacts of restored patch density and distance from natural forests on colonization success. *Restoration Ecology*, 11(4), 417-423. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.2003.rec0237.x>
- Jiménez, C. y Bernal, H. (1992). *El inchi (Caryodendron orinocense Karsten): la oleaginosa más promisoría de la subregión andina*. SECAB. Ministerio de Educación y Ciencia. España. CAF.
- Jorgensen, P. M. y León-Yáñez, S. (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 75, 1-1181
- Kalamandeen, M., Gloor, E., Mitchard, E., Quincey, D., Ziv, G., Spracklen, D., Spracklen, B., Adami, M., Aragão, L. E. O. y Galbraith, D. (2018). Pervasive Rise of Small-scale Deforestation in Amazonia. *Scientific Reports*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19358-2>
- Leak, W. B. (1965). The J-shaped probability distribution. *Forest Science*, 11(4), 405-409 <https://doi.org/10.1093/forestsience/11.4.405>
- López, R. (2008). Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento. *Colombia forestal*, 11, 215-231. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2008.1.a14>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 40 (6772), 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Padilla, F. C., Alvarez, M. T. y Alfaro, M. J. (1996). Functional properties of barinas nut flour (*Caryodendron orinocense* Karst., Euphorbiaceae) compared to those of soybean. *Food Chemistry*, 57(2), 191-196. [10.1016 / 0308-8146 \(95\) 00108-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(95)00108-5)
- Padilla, F. C., Guédez, T., Alfaro, M. J., Regnault, M. y Rincón, A. M. (2010). Fraccionamiento y caracterización de las proteínas solubles de la harina de nuez de Barinas (*Caryodendron orinocense* K.). *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 41(1), 38-42.
- Palacios, W., Cerón, C., Valencia, R. y Sierra, R. (1999). *Las formaciones naturales de la Amazonía del Ecuador*. En: Sierra, R. (Ed.). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Pro-yecto INEFAN/GEF-BIRF Y EcoCiencia. Quito.
- Palacios-Wassenaar, O., Castillo-Campos, G. y Vázquez-Torres, S. M. (2016). Análisis de la estructura poblacional como indicador rápido del estado de conservación de especies arbóreas amenazadas. El caso de *Resinanthus aromaticus* en el centro de Veracruz, México. *Botanical Sciences*, 94(2), 241-252. <https://doi.org/10.17129/botsci.271>
- Pérez, M. N., Alfaro, M. D. J. y Padilla, F. C. (1999). Evaluation of 'Nuez de Barinas' (*Caryodendron Orinocense*) Oil for Possible Use in Cosmetic. *International Journal of Cosmetic Science*, 21(3), 151-158. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2494.1999.196565.x>
- Quizhpe, W., Benítez, Á., Cuenca, K., Uvidia, H., Huamantupa, I., Muñoz, J. y Cabrera, O. (2019). Forest Diversity and Structure in the Amazonian Mountain Ranges of Southeastern Ecuador. *Diversity*, 11(10), 196. <https://doi.org/10.3390/d11100196>
- Radice, M., Viafara, D., Neill, D., Asanza, M., Sacchetti, G., Guerrini, A. y Maietti, S. (2014). Chemical characterization and antioxidant activity of Amazonian (Ecuador) *Caryodendron orinocense* Karst. and *Bactris gasipaes* Kunth seed oils. *Journal of Oleo Science*, 63(12), 1243-1250. <https://doi.org/10.5650/jos.ess14007>
- Reckin, J. (1983). The orinoconut—a promising tree crop for the tropics. *International Tree Crops Journal*, 2(2), 105-119. <https://doi.org/10.1080/01435698.1983.9752746>
- Rodríguez, J. L., Aguilar, C. y Rodríguez, J. Y. (2015). Estructura diamétrica y por estado, mortalidad y reclutamiento de *Juglans jamaicensis* C. DC., en el Parque Nacional Turquino. *Revista Cubana de Ciencias Forestales: CFORES*, 3(1), 22-30. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/97/280>
- Sih, A., Jonsson, B. G. y Luikart, G. (2000). Habitat loss: ecological, evolutionary and genetic consequences. *Trends in Ecology and Evolution*, 15(4), 132-134. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01799-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01799-1)
- Sosa, V., Vovides, A. P. y Castillo-Campos, G. (1998). Monitoring endemic plant extinction in Veracruz, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 7(11), 1521-1527. <https://doi.org/10.1023/A:1008809332490>
- Sturges, H. A. (1926). The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association*, 21(153), 65-66. <https://doi.org/10.1080/01621459.1926.10502161>
- Tickin, T. (2005). Applying a metapopulation framework to the management and conservation of a non-timber forest species. *Forest Ecology and Management*, 206(1-3), 249-261. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.11.004>

- Topete-Corona, C., Cuevas-Guzmán, R., Sánchez-Rodríguez, E. V., Moreno-Hernández, A., Morales-Arias, J. G. y Núñez-López, N. M. (2020). Estructura poblacional y hábitat de un árbol tropical con frutos comestibles, *Annona purpurea* (Annonaceae), en el occidente de México. *Revista de Biología Tropical*, 68(4), 1171-1184. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i4.42195>
- 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)
- Yaguana, C., Lozana, D. C., Neill, D. A. y Asanza, M. (2012). Diversidad florística y estructura del bosque nublado del Río Numbala, Zamora-Chinchipe, Ecuador: El “bosque gigante” de Podocarpaceae adyacente al Parque Nacional Podocarpus. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 1(3), 226-247. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v01n03ep05-0019>