

Estructura, productividad de madera y regeneración natural de *Juglans neotropica* Diels en la Hacienda la Florencia del Cantón y provincia de Loja

Jason Alejandro Vaca Llivigañay

jasonvaca.a4@gmail.com

Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad
Nacional de Loja
Loja, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-3943-731X>

Byron Gonzalo Palacios Herrera

byron.palacios@unl.edu.ec

Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad
Nacional de Loja
Loja, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-1998-5060>

RESUMEN

Actividades antrópicas han alterado drásticamente ecosistemas naturales, lo que ha provocado que especies como *Juglans neotropica* Diels (Nogal) se encuentre actualmente en peligro de extinción. El objetivo fue generar información de la estructura, productividad y regeneración natural de la especie en estado silvestre. Se estudió un remanente de bosque de la especie, ubicado en la hacienda La Florencia perteneciente al cantón Loja, Ecuador. Se realizó un inventario forestal en un área efectiva de 14 hectáreas, se registraron todos los individuos con diámetros ≥ 10 cm de diámetro a la altura del pecho ($DAP_{1.30}$). Se midieron las variables como $DAP_{1.30}$ cm, altura comercial (HC) y total (HT) en metros. Mediante el índice de Morisita y el protocolo de Lamprecht se analizó la estructura vertical y horizontal respectivamente. Para la productividad de madera todos los individuos se clasificaron en potenciales y comerciales con base en el diámetro mínimo de corta (DMC). Para la regeneración natural se instalaron cuatro parcelas, donde se registró el latizal alto, bajo y brinzales. El valor del índice de Morisita fue de $I\delta = 1.26$; en cuanto al componente arbóreo, la altura máxima fue de 32.40 m y la mínima de 10.32 m. La productividad de madera resultó en $141.17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de volumen total y $76.22 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de volumen comercial. Además, se registró la existencia de 13 individuos en todas las categorías de regeneración. La especie se encuentra en un estado de sucesión con poca regeneración natural y, por ende, actualmente en peligro de extinción.

Palabras clave: estructura; inventario forestal; nogal; productividad de madera; regeneración natural.

Structure, wood productivity and natural regeneration of *Juglans neotropica* Diels at Hacienda la Florencia in the canton and province of Loja

ABSTRACT

Anthropogenic activities have drastically altered natural ecosystems, which has caused species such as *Juglans neotropica* Diels (walnut) to become endangered. The objective was to generate information on the structure, productivity and natural regeneration of the species in the wild. A remnant forest of the species was studied, located in the hacienda La Florencia in the Loja canton, Ecuador. A forest inventory was carried out in an effective area of 14 hectares, and all individuals with diameters ≥ 10 cm diameter at breast height (DAP1.30) were recorded. Variables such as DAP1.30 cm, commercial height (HC) and total height (HT) in meters were measured. Vertical and horizontal structure were analyzed using the Morisita index and the Lamprecht protocol, respectively. For wood productivity, all individuals were classified as potential and commercial based on the minimum cutting diameter (DMC). For natural regeneration, four plots were installed, where high and low latizal and saplings were recorded. The Morisita index value was $I\delta = 1.26$; as for the tree component, the maximum height was 32.40 m and the minimum height was 10.32 m. Wood productivity resulted in 141.17 m³ ha⁻¹ of total volume and 76.22 m³ ha⁻¹ of commercial volume. In addition, the existence of 13 individuals was recorded in all regeneration categories. The species is in a state of succession with little natural regeneration and, therefore, currently in danger of extinction.

Key words: *structure; forest inventory; walnut; wood productivity; natural regeneration.*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los bosques de *Juglans neotropica* se han visto afectados por el manejo inadecuado, incendios forestales, la tala, la agricultura, minería y el cambio climático, por lo que, al estar dentro de un ecosistema andino, se los consideran como uno de los sistemas naturales más frágiles ante la intervención humana, ya que sobre ellos están actuando con inusual fuerza los procesos de degradación (Brown *et al.*, 2005).

Los bosques andinos como la mayoría de los ecosistemas tardan miles de años para volver a su estado natural, por lo que se tiene la necesidad de probar o crear estrategias de buen manejo forestal, como enriquecimiento, raleo o poda; haciendo énfasis en la vegetación inferior (latizal alto, latizal bajo y brinzal), es decir la regeneración natural (Cueva, 2018).

En Ecuador, las especies forestales son mayormente afectadas por la deforestación, al eliminarse poblaciones locales, debido a su alto valor comercial como especies maderables, como es el caso de *Juglans neotropica* Diels (Nogal), situación que lleva al aislamiento poblacional de la especie (Alberca, 2014).

El Nogal es una especie nativa de ecosistemas andinos, son árboles caducifolios de crecimiento lento, de gran importancia ecológica, históricamente ha presentado múltiples usos y beneficios para las poblaciones humanas de la zona andina de América del Sur, como fuente de alimento, por la calidad de su madera y los aportes para la medicina natural son numerosos; además, es utilizado en la elaboración de artesanías y en la industria textil (Tropical Plants Database, 2021).

En la actualidad, la densidad de individuos de esta especie es baja y se considera seriamente amenazada por el cambio del uso del suelo de bosque a actividades ganaderas y agrícolas que generan amplias zonas deforestadas (Toro y Roldán, 2018). El aprovechamiento excesivo y la falta de manejo son otros factores que han causado una drástica reducción de su hábitat natural por lo que actualmente según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) de 1998 se registra dentro de la categoría en peligro de extinción (Tropical Plants Database, 2021).

Por lo anterior surge la importancia de generar conocimiento acerca de las poblaciones remanentes existentes de *Juglans neotropica*, que a futuro contribuya a recuperar la presencia de la misma y la mejora de la producción forestal; además de eso, es de suma importancia conocer cómo se encuentra la

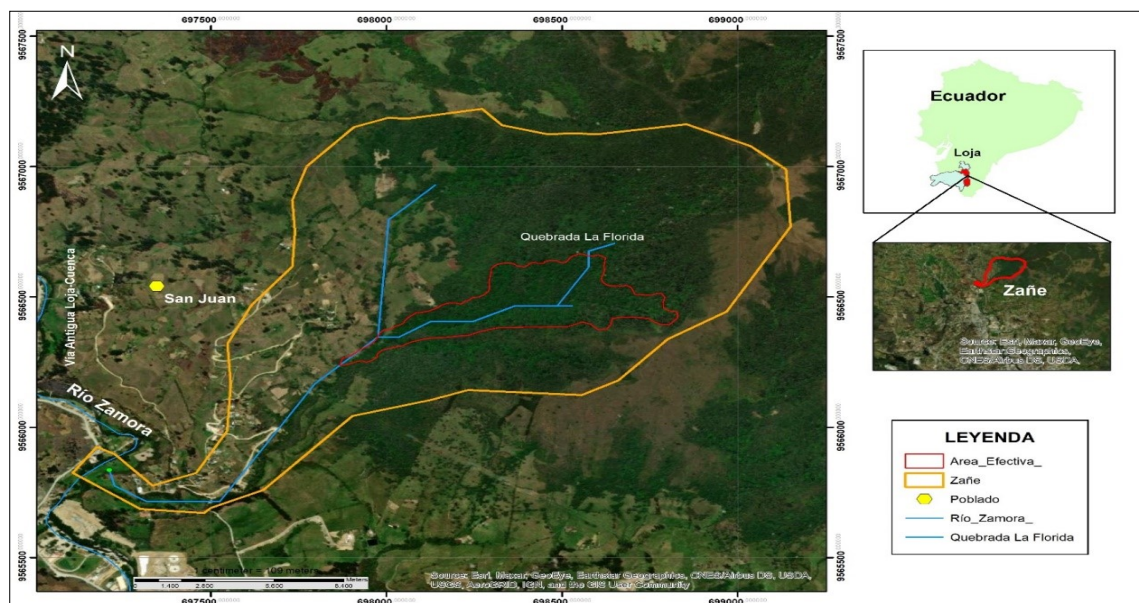
especie *Juglans neotropica* en estado silvestre, ya que no existe regeneración natural abundante, debido al sobre aprovechamiento sin ningún manejo técnico y a la poca o ninguna existencia de rodales puros (Toro y Roldán, 2018).

El objetivo de este estudio fue generar una línea base sobre aspectos de la estructura, productividad maderable y de regeneración natural de *J. neotropica* en el Cantón Loja, Ecuador para que se contribuya al monitoreo a largo plazo y con ello sea posible conocer aspectos sobre la dinámica de la especie en este ecosistema que se encuentra amenazado especialmente por la actividad antrópica.

METODOLOGÍA

El área de estudio fue en un remanente de bosque natural de *J. neotropica*, ubicado en la hacienda “La Florencia”, que se localiza en el barrio Sauces Norte, parroquia Carigan, Cantón y Provincia de Loja, Ecuador, tiene una superficie de 107.94 ha, se desarrolla en un rango altitudinal de 2 024 a 2 800 m.s.n.m. (Figura 1). El clima es temperado – ecuatorial subhúmedo, el cual se caracteriza por tener temperatura media que oscila entre 18 °C y 20 °C, se registra una precipitación total anual de 923 mm. El clima de la ciudad de Loja se puede clasificar bioclimáticamente como temperado – subhúmedo; según la clasificación de ecosistemas de Ecuador Continental (MAE, 2012). El sitio de estudio está dentro de un Bosque Siempreverde Montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes. El tipo de suelo que predomina es alcalino, a veces muy pedregoso, el cual se caracteriza por ser de color pardo oscuro, dentro del bosque la exposición a la luz es baja.

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio en el Cerro el Zañe.

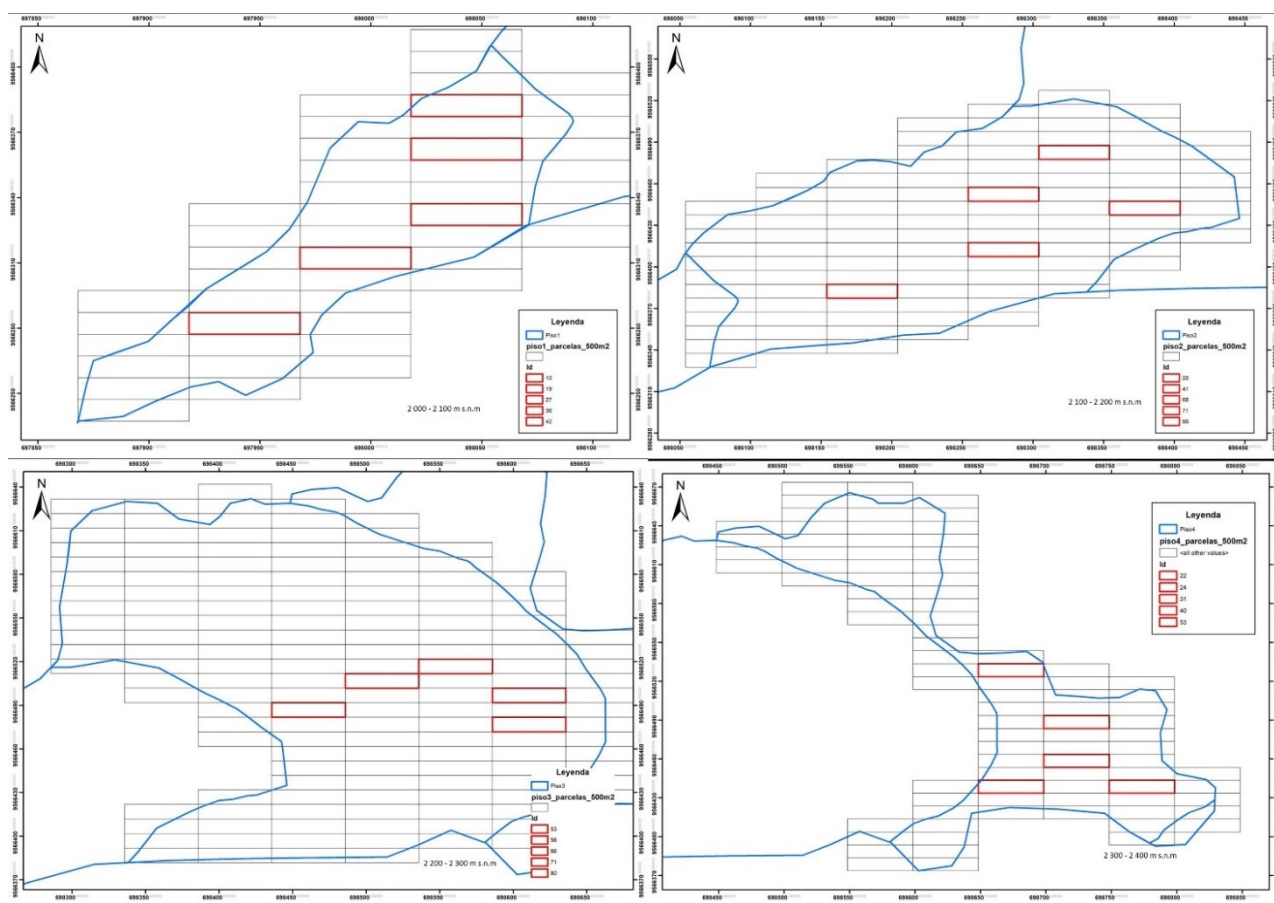


Procedimiento de muestreo y medición de variables.

Estructura en el componente específico arbóreo de *Juglans neotropica* Diels.

Se realizó un inventario forestal mediante muestreo sistemático y por su objetivo inventario para manejo de bosques naturales (CATIE, 2002); se llevó a cabo un censo o inventario de existencia, en el cual se midieron las variables DAPI. 30 en cm, así como la altura comercial (HC) y total (HT) en metros. Se aplicó un muestreo estratificado para establecer 5 parcelas de 500 m² en cada estrato de forma sistemática con arranque aleatorio, donde los estratos están conformados por los pisos altitudinales donde se encuentra la especie, que van desde 2 000 hasta 2 400 m s.n.m. (Figura 2).

Figura 2. Distribución de parcelas de muestreo en cuatro pisos altitudinales.



La disposición espacial y dimensional de la especie *Juglans neotropica* Diels se determinó mediante el estudio de la estructura horizontal y vertical.

Estructura horizontal.

Se analizó la forma en que se encuentra distribuida la especie horizontalmente, para ello se utilizó el índice de Morisita (1959).

$$I_{\delta} = q \sum_{i=1}^q ni \frac{ni - 1}{N(N - 1)}$$

Dónde:

I_{δ} = Índice de distribución espacial

q = Número de cuadros

ni = Número de individuos en i -ésimo cuadro

N = Número total de individuos en todos los cuadros

Según el valor obtenido se pudo determinar cómo está distribuida la especie, si el $(I_{\delta}) < 1$ la distribución será regular o uniforme; si es igual a uno la distribución es aleatoria y con valor mayor a uno es una distribución, agregada (Morisita, 1959).

Estructura vertical.

Para analizar la distribución vertical de la especie se elaboraron histogramas de frecuencia por categoría de alturas, donde se clasificó el dosel del bosque en clases o estratos verticales siguiendo el protocolo de Lamprecht (1990). El estrato bajo corresponde a categorías de altura $< 1/3$; el estrato medio corresponderá a categorías de altura $> 1/3$ y $< 2/3$, mientras que el estrato superior corresponde a categorías de altura $> 2/3$ de la altura dominante del total de individuos, respectivamente.

Productividad de madera.

Se siguió la metodología establecida por Ortiz y Quirós (2002); la cual consiste en clasificar a los individuos por clases diamétricas y determinar si son individuos potenciales o comerciales. Se analizó la base de datos generada a través del inventario forestal, con ello se clasificó a todos los individuos en clases diamétricas y se determinó si cumplen o no con el diámetro mínimo de corta (DMC) de 50 cm, establecido en el acuerdo ministerial 128 que corresponde a las Normas para el Manejo Sustentable de los Bosques Nativos (MAE, 2006).

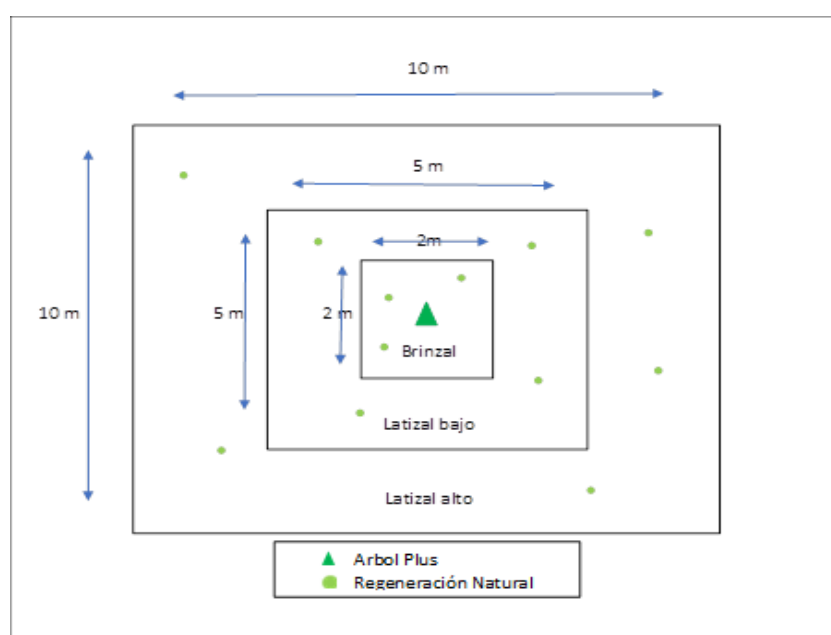
Una vez realizada la clasificación por clases diamétricas, se contabilizó el número de individuos con el DMC igual o mayor al establecido y se los denominó como Comerciales; así mismo, a todos los

individuos con diámetro menor a 50 cm (DMC), se los considero como Potenciales.

Regeneración natural.

Para determinar el estado actual de la especie se aplicó la metodología propuesta por Finegan et al. (2000); la cual consistió en identificar los árboles matriz e instalar parcelas temporales de 2 m x 2 m para brinzal, de 5 m x 5 m para latizal bajo y 10 m x 10 m para latizal alto de forma anidada, según lo recomendado por Ortiz y Quirós (2002), donde los árboles seleccionados son el centro de la parcela (Figura 3).

Figura 3. *Diseño de parcelas para determinar el estado de la regeneración natural.*



Los individuos muestreados fueron clasificados en tres clases de desarrollo: Brinzal, Latizal bajo y Latizal alto (Cuadro 1) (CATIE, 2002).

Cuadro 1. *Categorías de regeneración natural.*

Clase	Descripción
Brinzal	individuos comprendidos entre 0.30 m y 1.50 m de altura.
Latizal bajo	Individuos comprendidos entre 1.51 m y 4.50 m (< 5 cm de DAP) altura.
Latizal alto	individuos con alturas ≥ 4.51 m (> 5 cm de DAP a 9.9 cm de DAP).

Cálculo de árboles por hectárea.

Se calculó la densidad de árboles por hectárea (N) con la fórmula de Norbert Sorgel (1985):

$$N = \frac{1}{tp * cp} * \sum_{j=1}^{cp} Zj$$

Dónde:

N= Número de árboles por hectárea

tp= Tamaño de la parcela, en hectáreas

cp= Cantidad de parcelas

j-1= Número de parcelas (parcela uno, parcela dos.....)

Zj= Cantidad de los árboles en la parcela

j= Es decir cantidades de los árboles en la parcela uno, parcela dos...parcela j

$\sum_{j=1}^{cp} Zj$ = Sumatoria de todos los árboles (Zj) desde la parcela i=1,2,3..... hasta la parcela n.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura vertical y horizontal de *Juglans neotropica*

La altura del componente arbóreo alcanzó 32.40 m como máximo, media de 15.17 m y mínima de 10.32 m. Se diferenciaron tres estratos: bajo, medio y alto. El estrato bajo registró alturas menores a 10.8 m (3.7% del total de individuos), el estrato medio registró alturas mayores a 10.8 m y menores a 21.6 m (92.2% del total de individuos), mientras que el estrato superior presentó alturas mayores a 21.6 m (4% del total de individuos).

Los valores en DAP variaron de 10 cm a 1.03 m, con una media de 30.52 cm (Cuadro 3). De los 1 468 individuos cuantificados en el inventario, 1 353 pertenecen a las primeras cuatro clases diamétricas que no superan el Diámetro mínimo de corta (50 cm de DAP), establecido por el ministerio del ambiente del Ecuador. De acuerdo con el Índice de Morisita ($I\delta$), se observó una distribución agregada $I\delta = 1.26$ (Figura 4).

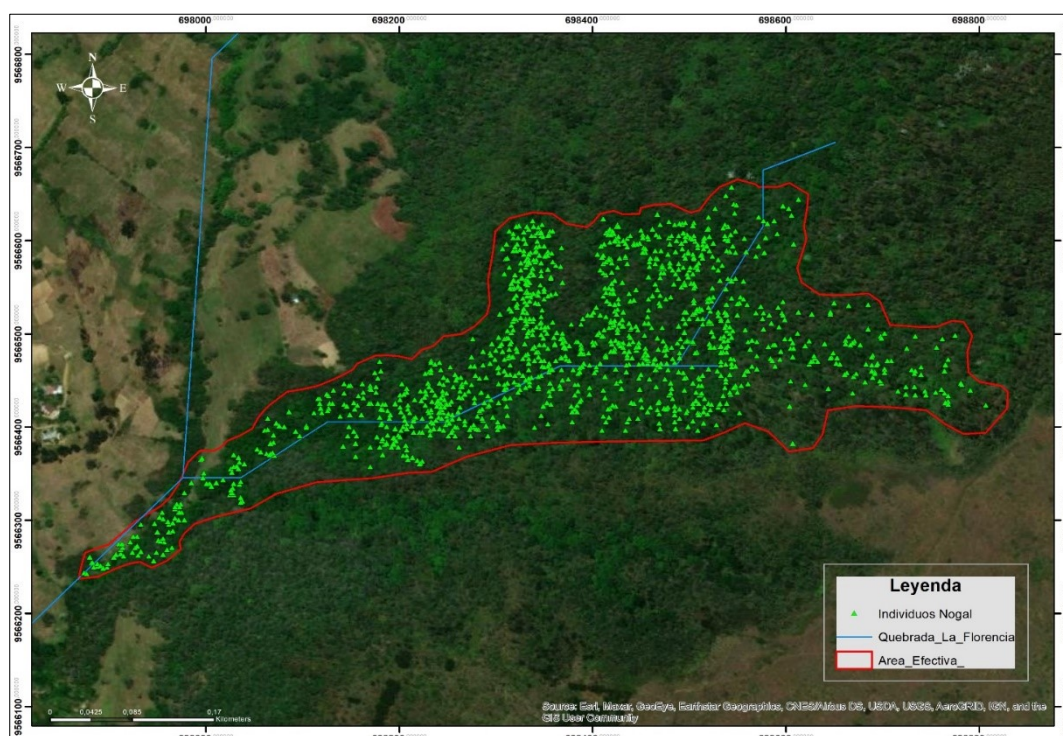
En condiciones similares de clima y suelo, los valores de las variables dasométricas estudiadas en *Juglans neotropica* están acorde a las estimadas por Vanegas y Rojas (2018) y Acosta *et al.* (2019),

quienes reportan que la especie alcanza alturas máximas entre 25 m y 40 m, así como DAP hasta de 1 m; en el presente estudio, la altura máxima fue de 32.40 m y el DAP de 1.03 m en árboles de la Cordillera Oriental de los Andes. Así mismo, Estrada (1997), manifiesta que la especie alcanza hasta 30 m de altura y 50 cm de DAP. Acorde con ello, Ecuador Forestal (2010) y Palacios *et al.* (2017), reportan valores semejantes en plantaciones forestales a nivel nacional.

La distribución por categoría diamétrica mostró que el 92.17 % de los individuos se encuentran en las categorías de 10 – 50 cm de DAP; la mayoría en categorías de DAP pequeñas con un incremento continuo de individuos hacia las categorías superiores, acorde con la sucesión natural del bosque. Este comportamiento sugiere que la dinámica de crecimiento de la especie en el sitio de estudio ha alcanzado una estabilización de la estructura o que el bosque se encuentra en buen estado, esto debido a la tendencia decreciente en forma de J invertida que se observó; según Lamprecht (1990), la tendencia de J invertida indica que el bosque cuenta con individuos jóvenes en proceso de crecimiento y recuperación.

Con base en el índice de Morisita, la distribución horizontal de los individuos registrados en la unidad muestral de 1 ha, corresponde al patrón espacial agregado; este tipo de distribución puede atribuirse a diferentes condiciones de tipo climáticas, topográficas y suelo, que hacen que la especie tenga limitación en dispersión o especialización de hábitat como lo sostiene Montañez *et al.* (2010).

Figura 4. Distribución agregada de la *J. neotropica* en el área estudiada.



Productividad de madera de J. neotropica

Se determinó que existen 1 353 individuos potenciales, que representan el 92.17% del total; en cuanto a los individuos comerciales representan solo el 7.83% del total con 115 árboles. El volumen estimado para los individuos potenciales (< 50 cm de DAP) es de 1353.46 m^3 y para los individuos comerciales (≥ 50 cm de DAP) un volumen comercial de 289.03 m^3 y total de 622.88 m^3 . Además, se obtuvo el volumen por hectárea tanto de los individuos comerciales y potenciales, el cual fue de $76.22 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y de $141.17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ el volumen total (Cuadro 2).

El volumen comercial de *Juglans neotropica* ($1\,067.09 \text{ m}^3$) está por encima de la mitad del volumen total ($1\,976.33 \text{ m}^3$) del sitio de estudio, esto puede deberse a que el árbol presenta pocas torceduras y un bajo número de bifurcaciones que corresponde al fenotipo dado por un crecimiento normal de la especie. De acuerdo con Palacios *et al.* (2017), el volumen estimado de una plantación forestal con la misma especie de aproximadamente 50 años fue de $295 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ lo que contrasta con un bosque natural de la misma especie, con un volumen estimado de $141.17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, probablemente a consecuencia del manejo del bosque.

Así mismo Palacios *et al.* (2017), indican que la productividad de madera de una plantación con la misma especie fue de $95 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de volumen comercial, resultados distintos a los obtenidos en el sitio de estudio, con $76.22 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de volumen comercial; este contraste evidencia que un bosque natural de *Juglans neotropica* tiene una productividad de madera en pie considerable respecto a una plantación de la misma.

Por otra parte, al comparar los resultados obtenidos en este estudio con los de Carbajal (2019), sobre la estructura horizontal de especies comerciales del bosque tropical, en Pomporito – Satipo (Perú), sector que difiere en temperatura, precipitación y tipo de bosque, respecto al sector aquí muestreado; se tiene que existe una diferencia de $89.995 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($231,165 \text{ m}^3/\text{ha}$ en Pomporito – Satipo, Perú vs $141.17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en la Hacienda La Florencia). Lo que demuestra que la especie a nivel local en la zona de estudio tiene un buen desarrollo, pues presenta aproximadamente la mitad del volumen estimado por Carbajal (2019), en una extensión menor.

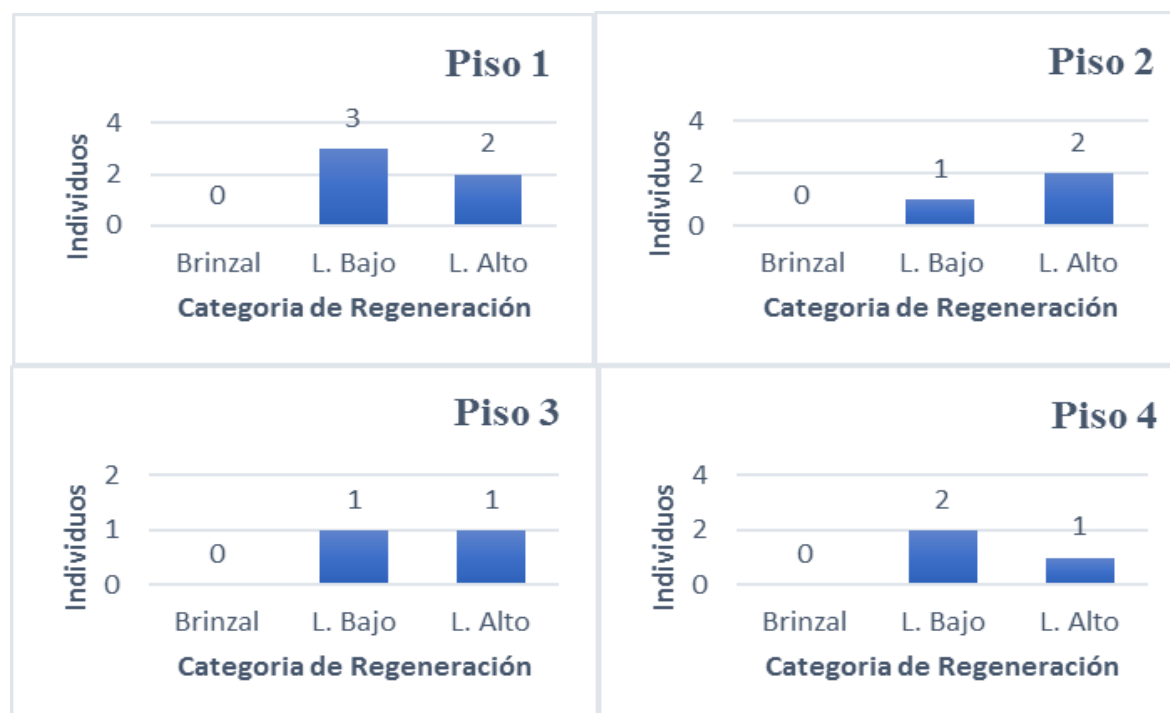
Cuadro 2. Volumen comercial y total (m³) por hectárea.

Productividad de Madera						
Volumen del área			Volumen por hectárea			
	Potencial	Comercial	Total			
Nº. árboles	1 353	115	1 468	Potencial	Comercial	Total
%	92.17	7.83	100			
Volumen						
Comercial	778.06	289.03	1 067.09	55.58	20.65	76.22
(m³)						
Volumen						
Total (m³)	1 353.46	622.88	1 976.33	96.68	44.49	141.17

Regeneración natural de *J. neotropica*

La regeneración natural estuvo presente en todos los estratos (pisos altitudinales) y en las categorías evaluadas, excepto en la de brinzal. En total se registraron 13 individuos entre las categorías latizal bajo y alto (Figura 5).

Figura 5. Individuos de regeneración natural por piso altitudinal.



Se determinó que la categoría brinjal no presentó regeneración; en la categoría latizal alto se contabilizó el menor número de individuos por hectárea (150 individuos) y, en tanto que la de latizal bajo presentó el mayor número de individuos por hectárea con un total de 700 ejemplares.

En el caso de la regeneración natural, García (2002), en su estudio ecológico, silvícola y de utilización del Nogal en bosque latifoliados de Honduras, reporta que, la regeneración de la especie es muy baja, con menos de 150 plántulas ha⁻¹ un valor semejante al estimado en el presente estudio en la categoría latizal alto, con 150 plántulas/ha. García (2002) menciona agrega que la mayor densidad de individuos ocurre en sitios perturbados. Aunado a ello, Rojas y Torres (2008) mencionan que la regeneración natural es baja debido al sobre aprovechamiento y a los escasos rodales puros, siendo este el caso del sitio de estudio, ya que *Juglans neotropica* se encuentra en un remanente de bosque, donde la regeneración de la categoría brinjal fue nula.

Los individuos de regeneración natural se encuentran de manera aislada alrededor de los árboles padres y en ocasiones ejemplares con sucesión de la especie nula. Vanegas y Rojas (2018), indican que la especie es escasa y sus poblaciones pequeñas con individuos muy dispersos, lo que genera una baja repoblación de la especie; la especie está limitada a factores externos como son la humedad y animales como roedores. La semilla de *Junglas neotropica* presenta una testa muy dura como protección, lo que hace que no muestre signos de germinación en el periodo de un año; por ello es necesario la intervención de agentes para la proliferación de la especie (García, 2002).

La baja regeneración encontrada en el sitio muestreado también se debe a la alta humedad del lugar y a la presencia de la mosca de la fruta (*Anastrepha manizalensis*), lo que hace que muchas de las semillas se pudran; se observaron semillas infectadas por esta mosca, lo que merma su capacidad germinativa y aumenta su mortalidad, lo que deriva en que la regeneración disminuya y está en concordancia a lo que mencionan Vanegas y Rojas (2018).

Instituciones públicas y privadas como IUCN, mencionan que la especie se encuentra en peligro de extinción (Tropical Plants Database, 2021); de la misma manera, El Ministerio del Ambiente del Ecuador, la considera como especie de aprovechamiento condicionado, conforme al acuerdo ministerial 128, lo que concuerda con lo encontrado en el presente estudio, de modo que la especie a pesar de presentar un buen crecimiento, se encuentra en estado de sucesión con poca regeneración natural.

CONCLUSIONES

Se generó información sobre la estructura, productividad maderable y de regeneración para la especie *Juglans neotropica* que constituye un aporte importante para planificar su conservación y manejo a mediano y largo plazo de los remanentes de bosque natural; además de su propagación en beneficio de la recuperación de poblaciones con esta especie.

La especie *Juglans neotropica* Diels, en cuanto a su distribución dentro del área muestreada, presenta preferencias geográficas, ya que se extiende en un determinado territorio, con preferencias de espacio y estructura; y por lo general se desarrolla junto a individuos de la misma especie.

Con base en el número de árboles y área basal determinados para *J. neotropica* en el área de estudio, se deduce que este taxón ocupa un espacio limitado dentro del bosque; el bajo volumen total cuantificado y la mayor presencia individuos jóvenes con diámetros menores de 50 cm, aunado a que es de lento crecimiento, sugiere que la tendencia actual es que su población se reduzca.

El área muestreada de acuerdo a la población arbórea en estudio, evidencio mayor presencia de individuos jóvenes, por debajo del diámetro mínimo de corta y en menor porcentaje individuos sobre el diámetro mínimo de corta (50 cm), por lo que *Juglans neotropica* Diels al ser una especie nativa y de lento crecimiento; se encontró una mayor productividad de madera bajo el diámetro mínimo de corta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al proyecto denominado: “Conservación, domesticación de *Juglans neotropica* Diels, para uso comercial, mejoramiento genético y restauración de ecosistemas degradados al sur de Ecuador” por el apoyo brindado para la elaboración de este trabajo. A la Familia Mora Ordoñez dueños de la Hacienda La Florencia, por su importante colaboración al haber brindado el espacio para la realización del estudio.

REFERENCIAS

- Acosta-Hernández, C. C., E. Ortiz-Muñoz, J. D. Cornú-García, J. S. Perusquía-Chávez y P. Linares-Márquez. 2019. Biología y silvicultura del cedro-Nogal (*Juglans pyriformis*) para su conservación en México. Asociación Chelonia. Madrid, Mad., España. 76 p.
https://www.researchgate.net/publication/342463110_Biologia_y_silvicultura_del_cedro-Nogal_Juglans_pyriformis_para_su_conservacion_en_Mexico
- Alberca J., N. V. 2014. Análisis de la efectividad de cinco microsatélites para detectar la diversidad genética de *Juglans neotropica*. Universidad Técnica Particular De Loja.
<https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/9093/1/Alberca%20Jarramillo%20Nathalia%20Veronica.pdf>.
- Brown, A., S. Pacheco, T. Lomáscolo y L. Malizia. 2005. Ecorregión Yungas Situación ambiental en los bosques andinos yungueños. In: Brown, A., U. Martínez O., M. Acerbi y J. Corcuera. (Edits.). La Situación Ambiental Argentina 2005. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, BA, Argentina. pp. 53–61. http://siga.proyungas.org.ar/wp-content/uploads/2017/07/Situacion-Ambiental-Argentina_Ecoregion-Yungas.-2005-2-10.pdf
- Carbajal, S, V. H. 2019. Estructura horizontal de especies comerciales del bosque tropical, Comunidad Nativa Palomar, sector Pomporito-Satipo. Universidad Nacional del Centro del Perú. 80.
<http://hdl.handle.net/20.500.12894/5226>.
- Orozco, L. y C. Brumér. 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en américa central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Serie Técnica, Manual Técnico No. 50. Turrialba, C, Costa Rica. 264 p.
https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Inventarios_Forestales%20_Bosques_Latifoliados_AC.pdf.
- Cueva, A. 2018. Estimación del turno biológico de corta para *Juglans neotropica* Diels a través de métodos dendrocronológicos en dos ecosistemas forestales andinos de la provincia de Loja (Universidad Nacional de Loja). <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/21507>

<http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/Nogal.pdf>.

Estrada A., W. 1997. Manual para la producción de NOGAL *Juglans neotropica* Diels. EDI-U Ecuador, Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero del Ecuador CORMADERA y Organización Internacional de las Maderas Tropicales OIMT. San Miguel de Ibarra, Cantín Ibarra, Ecuador. 47 p. <http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/Other%20Publications/op-14%20s%20nogal.pdf>.

Camargo, J. C., M. Ibrahim, E. Somarriba, B. Finegan y D. Current. 2000. Factores ecológicos y socioeconómicos que influyen en la regeneración natural del laurel en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo y subhúmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):46-49. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6103/Factores_ecologicos_y_socioeconomicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

García, C. J. 2002. Estudio ecológico, silvícola y de utilización del Nogal (*Juglans olanchana* Standl. & L.O. Williams) en bosque latifoliados de Honduras. *Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Ingeniero*, 30 pp. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2266/1/IAD-2002-T018.pdf>

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. GTZ, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Eschborn, HE, Alemania. 335 p.

Ministerio de Ambiente del Ecuador. 2012. Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio de Ambiente del Ecuador. Quito, P, Ecuador. 136 p. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf

Ministerio del Ambiente. 2006. Norma Manejo sustentable de los bosques Andinos. Ministerio del Ambiente. Quito, P, Ecuador. 48 p. <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/NormaBosquesAndinos.pdf>

Montañez, V., R. A., C. Y. Escudero V. y A. J. Duque M. 2010. Patrones de distribución espacial de especies arbóreas en bosques de Alta Montaña del Departamento de Antioquia, Colombia.

Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 63(2):5629–5638.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n2/a16v63n01.pdf>.

Morisita, M. 1959. Measuring of the dispersion and analysis of distribution patterns. Memoires of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E. Biology 2:215-235.

Palacios, B., Z. Aguirre, D. Pucha, M. Jonathan, C. Armijos, C. Feijoo, J. Jumbo y A. Rojas. 2017. Factor de forma y productividad de una plantación de *Juglans neotropica* Diels, establecida en los predios de la Universidad Nacional de Loja. In: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Espoch. Memorias I Congreso Internacional Bosques y Agroforestería. Espoch. Riobamba, ECH, Ecuador. pp 77–86.
https://www.researchgate.net/publication/344072935_Articulo_Factor_de_forma_Juglans_neotropica_2017.

Rojas R., F. y G. Torres C. 2008. Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción. Kurú: Revista Forestal 5(13):1-3. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/479/408>

Sörgel, N. (1985). Introducciom en Inventarios Forestales. In *SACST* (1st ed., Vol. 1).

Toro V., E. e I. C. Roldán R. 2018. Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. Madera y Bosques 24(1): e2411560.
<https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>.

Tropical Plants Database. 2021. *Juglans neotropica*.
<http://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Juglans+neotropica>