



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

MODALIDAD ARTÍCULO CIENTÍFICO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL

TEMA

Caracterización morfológica de brinzales de las especies forestales nativas *Centrolobium ochroxylum* y *Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*. Proyecto de restauración forestal, cantón Puerto López. Manabí.

AUTORA

PINCAY MOLINA DARLA ROMINA

TUTOR

Dr. Esteban Chirino Miranda, PhD.

Manabí-Ecuador – 2025(2)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Pincay Molina Darla Romina, egresada de la facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías, de la carrera de Ingeniería ambiental, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido de la presente investigación titulada ***“Caracterización morfológica de brinzales de las especies forestales nativas *Centrolobium ochroxylum* y *Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*. Proyecto de restauración forestal, cantón Puerto López. Manabí”***, corresponde exclusivamente al tutor y patrimonio intelectual de la autora, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de la autora se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.



Pincay Molina Darla Romina

Autora

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Sede de Manta de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante Pincay Molina Darla Romina, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Ambiental, período académico 2025(2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "Caracterización morfológica de brinzales de las especies forestales nativas *Centrolobium ochroxylum* y *Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*. Proyecto de restauración forestal, cantón Puerto López. Manabí".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 26 de enero de 2026.

Lo certifico,



Dr. Esteban Chirino Miranda PhD.
Docente Tutor
Área: Ingeniería Ambiental

AGRADECIMIENTO

Agradezco cordialmente a mi tutor de tesis, quien, con paciencia, amplios conocimientos y un arduo trabajo supo guiarme con éxito hasta culminar este último paso. Al grupo ADAFE, que desde la nivelación me ha acompañado y respaldado a lo largo de este extenso proceso de formación profesional y personal, han sido los amigos que con cariño los he conservado y he alentado para seguir adelante mutuamente para no rendirnos.

También a mis amigos de toda la vida, aquellos que, aunque no compartieron aulas de la universidad, han permanecido junto a mi desde el colegio hasta hoy que con su tiempo y amor han sido un hombro de apoyo en los momentos más difíciles en los que lo necesité. Expreso mi sincero agradecimiento a los profesores que me apoyaron durante este proceso, tanto en lo académico como en lo personal, por su empatía, comprensión y acompañamiento en los momentos más difíciles.

A quienes fueron parte del proceso, aun de manera temporal, dejando enseñanzas que fortalecieron mi carácter y me ayudaron a avanzar.

DEDICATORIA

Esto se lo dedico a mi familia, por su apoyo incondicional y por acompañarme incluso en los momentos más difíciles, viéndome luchar hasta el final entre lágrimas; en especial a mi hermana, quien ha sido mi mentora y mi mayor soporte para seguir adelante. A Gaturro, Taeyang, Nina y Frida, cuyos ronroneos y su invaluable michiterapia hicieron más llevadero mi día a día. Así como a Stray Kids, ya que sus canciones me ayudaron a comprender que cada proceso tiene su propio tiempo y su propia línea, sin comparaciones, recordándome que todo lo que estoy haciendo está bien.

Y, por último, a la Darla del 2021, por atreverse a darle una oportunidad a la Ingeniería Ambiental, aunque en el camino haya tenido que llorar un río.

Contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1 Selección de las especies	5
2.2 Condiciones del cultivo de las especies en el vivero de las especies estudiadas	5
2.3. Caracterización morfológica de los brinzales	6
2.4. Caracterización morfológica del sistema radical de los brinzales.....	7
2.5. Análisis estadístico	7
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
3.1. Crecimiento y área foliar.....	8
3.2. Morfología de los brinzales.....	9
3.3. Morfología del sistema radical de los brinzales	11
4. CONCLUSIONES	13
5. BIBLIOGRAFÍAS	14

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variable de crecimiento de brinzales de las especies forestales nativas <i>Centrolobium ochroxylum</i> y <i>Handroanthus chrysanthus</i> spp. Pluvicola.	8
Tabla 2. Variable de morfología de brinza, les de las especies forestales nativas <i>Centrolobium ochroxylum</i> y <i>Handroanthus chrysanthus</i> spp. Pluvicola.	10
Tabla 3. Variable de morfología del sistema radical de las especies forestales nativas <i>Centrolobium ochroxylum</i> y <i>Handroanthus chrysanthus</i> spp. Pluvicola.	12

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar las características morfológicas de brinzales de las especies forestales nativas amarillo (*Centrolobium ochroxylum*) y guayacán blanco (*Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*) empleados en el proyecto de restauración forestal desarrollado en el cantón Puerto López, provincia de Manabí. El estudio se llevó a cabo bajo un enfoque de investigación cuantitativa, método descriptivo, utilizando una muestra aleatoria de 15 brinzales por especie producidos en vivero, en los cuales se midieron variables de crecimiento, área foliar, biomasa aérea y subterránea, índices de calidad de planta y características morfológicas del sistema radical mediante escaneo y análisis digital. Los resultados reportaron diferencias entre las especies evaluadas, siendo *Centrolobium ochroxylum* la especie que presentó mayor altura, área foliar, biomasa aérea, biomasa subterránea y biomasa total. En cambio, *Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola* mostró mayor desarrollo del sistema radical, con una mayor superficie absorbente, longitud de raíces finas y longitud específica radical. No se observaron diferencias estadísticas respecto a las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea y biomasa subterránea/biomasa total e índice de Calidad de Dickson. Se concluye que las especies evaluadas presentaron una calidad de planta forestal aceptable y que su uso en programas de restauración forestal podría considerarse y así mismo su replicación en áreas con condiciones edafoclimáticas similares a las de Puerto López.

Palabras clave: *restauración, variables morfológicas, calidad de planta, supervivencia.*

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the morphological characteristics of seedlings of the native forest species yellowwood (*Centrolobium ochroxylum*) and white guayacán (*Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*) used in the forest restoration project developed in the Puerto López canton, Manabí province. The study was carried out using an experimental approach, with a random sample of 15 seedlings per species produced in a nursery. Growth variables, leaf area, aboveground and belowground biomass, plant quality indices, and morphological characteristics of the root system were measured using digital scanning and analysis. The results differences between the evaluated species, with *Centrolobium ochroxylum* exhibiting the greatest height, leaf area, aboveground biomass, belowground biomass, and total biomass, while *Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola* better root system development, with improved absorption capacity, greater fine root length, and greater root length overall. Furthermore, it surpassed *Centrolobium ochroxylum* in Dickson's Quality Index. It is concluded that the evaluated species presented acceptable forest plant quality and that their use in forest restoration programs could be considered, as well as their replication in areas with edaphoclimatic conditions similar to those of Puerto López.

Keywords: restoration, morphological variables, plant quality, survival

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de los brinzales forestales ha sido ampliamente reconocida como un factor determinante en el éxito de los proyectos de restauración (Chirino et al., 2013), ya que de ella depende la capacidad de las plantas para adaptarse, sobrevivir y desarrollarse adecuadamente en condiciones de campo (Sáenz et al., 2014).

Diversas investigaciones han señalado que las características morfológicas de los brinzales permiten evaluar de manera objetiva su calidad antes de ser trasladados al sitio de plantación (Rueda et al., 2018). Entre los atributos más relevantes se encuentran la altura del tallo, el diámetro en el cuello de la raíz, la biomasa aérea y subterránea, así como las relaciones estructurales entre estos componentes, ya que reflejan el vigor y equilibrio del brinzal (Velázquez, 2018). Estos parámetros son importantes para especies nativas, debido a que su establecimiento en campo va a depender cómo se hayan adaptado y desarrollado en la fase pre-trasplante (Luna y Fontana, 2020).

La altura y el diámetro del tallo se consideran indicadores de la calidad del brinzal, de hecho, se ha identificado que al evaluar brinzales con alturas mayores a 35 cm y diámetros de 4 mm suelen tener mejores probabilidades de supervivencia cuando son trasplantados (Carranza et al., 2019). La biomasa total del brinzal es otro parámetro fundamental, ya que representa las reservas energéticas disponibles para enfrentar las primeras etapas de establecimiento en campo (Bautista et al., 2005). En este sentido, se ha determinado que brinzales con mayor biomasa aérea presentan una mejor capacidad fotosintética y un crecimiento inicial más eficiente (Villalón-Mendoza, 2016). Estudios realizados en especies tropicales reportan valores de biomasa aérea entre 18 y 22 g en brinzales considerados de alta calidad, lo que se asocia con un mayor vigor vegetativo (Ticona et al., 2024).

La biomasa subterránea cumple un rol determinante en la adaptación de los brinzales, ya que un sistema radical bien desarrollado favorece la absorción de agua y nutrientes, especialmente en suelos degradados (Noh et al., 2022). Por esta razón, la relación biomasa subterránea/biomasa aérea es ampliamente utilizada como indicador de calidad, considerándose funcionales aquellas relaciones cercanas o superiores a uno

(Peñalver et al., 2021). Este equilibrio morfológico permite que el brinzal enfrente de mejor manera las condiciones adversas del sitio de plantación (Carranza et al., 2019).

Otro parámetro relevante es el índice de esbeltez, el cual se calcula a partir de la relación entre la altura y el diámetro del tallo. Valores entre 9 y 11 han sido reportados como adecuados para especies forestales tropicales, ya que indican un crecimiento equilibrado entre la parte aérea y el sistema radical (Moncada y Pucha, 2024). Asimismo, el índice de calidad de Dickson ha sido utilizado para integrar diferentes variables morfológicas en un solo indicador que permita seleccionar los brinzales más aptos para la restauración forestal (Ceacero et al., 2012). En proyectos de restauración y reforestación en bosques secundarios de la región Andina, la especie *Alnus acuminata* (aliso andino), que es una especie arbórea nativa de los Andes, ha demostrado tasas de crecimiento en ensayos, donde se han observado incrementos en base del tallo de aproximadamente $1,81 \text{ cm año}^{-1}$ y un incremento medio anual en altura de alrededor de $0,95 \text{ m año}^{-1}$, evidenciando su potencial para restauración. (Moncada y Pucha, 2024). Estos rangos permiten identificar plantas con mayor resistencia frente al estrés hídrico y térmico en zonas de restauración (Peñalver et al., 2021).

A nivel internacional, la importancia de estos parámetros ha sido evidenciada en proyectos de restauración. En México, se ha demostrado que brinzales con diámetros superiores a 5 mm y alturas mayores a 40 cm presentan mayores tasas de supervivencia en bosques tropicales secos y húmedos (Rueda et al., 2014). En Venezuela, la evaluación previa de la biomasa aérea y radical resultó un factor importante para garantizar el éxito de los procesos de restauración forestal mediante el uso de especies forestales nativas (Pereira, 2019).

En el contexto ecuatoriano, varios estudios han subrayado la relevancia de analizar las características morfológicas de los brinzales en iniciativas de restauración forestal, por ejemplo, brinzales de especies nativas con alturas promedio de 45 cm y diámetros superiores a 6 mm se adaptan mejor a las condiciones del bosque tropical seco en Ecuador (Noh et al., 2022). Asimismo, un sistema radical bien desarrollado resulta clave para la supervivencia de especies como el guayacán blanco bajo estrés hídrico (González et al., 2020).

En Ecuador, la degradación constante de los ecosistemas forestales ha provocado una notable pérdida de biodiversidad y una reducción en el recurso hídrico, sobre todo en áreas como Manabí (Castillo et al., 2023), donde causas como la deforestación, los cambios en el uso del suelo y las actividades humanas han dañado la estructura de los bosques, generando erosión, desequilibrios en el ciclo del agua y menos vegetación nativa (Mihai et al., 2023). Por eso, las iniciativas de restauración forestal se consideran una estrategia ante las problemáticas actuales.

Sin embargo, el éxito de estos proyectos depende de la calidad del material vegetal, sobre todo de la calidad de brinzales desarrollados en vivero, siendo necesario analizar su supervivencia y crecimiento en campo (Agila et al., 2019). Por lo tanto, existe la necesidad de evaluar las características morfológicas de los brinzales de especies forestales nativas utilizadas en proyectos de restauración, con el propósito de generar información científica que sirva para futuras investigaciones y proyectos de restauración futuros (Suntasig et al., 2024). Cabe mencionar que este estudio se articula con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 15, “Vida de ecosistemas terrestres”, de la Agenda 2030, orientado a proteger y restaurar los ecosistemas, revertir la degradación de las tierras y prevenir que continúe perdiéndose la biodiversidad. Por ello, esta investigación se alinea con el ODS 15 al promover la restauración de ecosistemas terrestres y la conservación de la biodiversidad mediante el uso de especies nativas (ONU, 2023).

En este contexto, el presente estudio se enfoca en dos especies forestales nativas de alto valor ecológico, siendo guayacán blanco (*Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*), y amarillo (*Centrolobium ochroxylum*), característicos y propio de los bosques tropicales secos o estacionalmente secos, donde ambas ampliamente utilizadas en proyectos de restauración en el Ecuador (González et al., 2020).

Centrolobium ochroxylum, perteneciente a la familia *Fabaceae*, es una especie nativa del bosque tropical seco presente en la región Costa del Ecuador. Oscila entre 0–1000 msnm en el Ecuador, siendo así una especie forestal que se encuentra en las provincias de Loja, Cañar, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí y El Oro. Botánicamente, esta especie es de mediana a gran tamaño que puede alcanzar hasta 25 m de altura y 60-80 cm de DAP (Aguirre 2012).

Por su parte, *Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola* es una especie nativa del bosque tropical seco presente en la región Costa del Ecuador, se encuentra en países como Colombia, Ecuador y parte de Centroamérica, especialmente común en los bosques secos ecuatorianos y es perteneciente a la familia *Bignoniaceae* (González et al. 2020). Esta especie es conocida por su porte imponente, alcanzando alturas de 20 a 30 metros y un diámetro del tronco que puede superar los 60 cm (Agila et al. 2019).

De tal modo que la caracterización morfológica de los brinzales de guayacán blanco (*Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*) y amarillo (*Centrolobium ochroxylum*) resulta fundamental para generar información técnica que contribuya a mejorar la calidad de los proyectos de restauración forestal, especialmente en zonas altamente vulnerables como la provincia de Manabí (Suntasig et al., 2024).

Este estudio se desarrolló con el propósito de analizar las características morfológicas de los brinzales de especies forestales nativas utilizados en un proyecto de restauración forestal en el cantón Puerto López, provincia de Manabí; en este contexto, se plantea como pregunta de investigación ¿Cuáles fueron las características morfológicas de los brinzales de las especies forestales nativas amarillo (*Centrolobium ochroxylum*) y guayacán blanco (*Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*) utilizados en el proyecto de restauración forestal en el cantón Puerto López, provincia de Manabí? considerando como hipótesis “Los brinzales de las especies forestales nativas amarillo y guayacán blanco presentaron características morfológicas funcionales ($\text{ratio biomasa subterránea/biomasa aérea} > 1$) para ser utilizados en el proyecto de restauración forestal en el cantón Puerto López, provincia de Manabí.”

En este contexto, el objetivo general de la investigación fue evaluar las características morfológicas de los brinzales de las especies forestales nativas amarillo (*Centrolobium ochroxylum*) y guayacán blanco (*Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*) empleados en el proyecto de restauración forestal desarrollado en el cantón Puerto López, provincia de Manabí.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Selección de las especies

El estudio se realizó en dos especies forestales nativas utilizadas en el proyecto de restauración forestal en 174 hectáreas en el cantón Puerto López desarrollado por el asocio ULEAM – ULEAM-EP y BOMACO, en el marco del Programa REDD Early Movers (REM) Ecuador del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (actualmente Ministerio de Ambiente y Energía), financiado por el Fondo de Inversión Ambiental Sostenible (FIAS) con cofinanciamiento de la ULEAM. Las especies que se evaluaron en este trabajo son amarillo (*Centrolobium ochroxylum*) y guayacán blanco (*Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*).

2.2 Condiciones del cultivo de las especies en el vivero de las especies estudiadas

Según información aportada por el contratista-viverista, el cultivo de los brinzales de las especies utilizadas en el proyecto de restauración forestal en Puerto López se realizó conforme a las tareas detalladas a continuación. En el cultivo de los brinzales de las especies se realizaron un conjunto de tareas que se detallan a continuación. Con el propósito de romper el letargo, se realizó el pretratamiento de las semillas mediante inmersión en agua hasta tres días, dependiendo de cada especie. Seguidamente se procedió a la fase de germinación. Se realizó la siembra de las semillas en semillero o cama de germinación, para lo cual se utilizó suelo de buen drenaje y desinfectado evitando la presencia de insectos.

El sustrato utilizado para el cultivo en fundas de polietileno estuvo compuesto por 50 % de suelo forestal (tierra negra), 30 % de arena, 15 % de materia orgánica, 5% de ceniza de leña. Esta mezcla fue debidamente desinfectada con fungicidas y bactericidas para evitar problemas de *damping off* en las plántulas. Una vez transcurrida la fase de germinación (período de 30-45 días), Se procedió al trasplante de las plántulas a fundas de polietileno de color negro de 4" x 7" (10,2 cm x 17,8 cm) con perforaciones para drenaje, previamente rellenas con el sustrato preparado y humedecido. En estas fundas las plántulas permanecieron durante toda la fase de cultivo. No se utilizó fertilización de fondo. Se aplicó fertilización de forma foliar, utilizando fertilizantes de formula completa (NPK con micronutrientes, YaraVita™ Croplift Bio™ 10-14-7) en una dilución de 10 cm³ en 20 L de agua. También se aplicó

directamente al tallo o al sustrato (aplicación sin humedecer la hoja), con dosis de 30 cm³ en 20 litros de agua. La fertilización foliar se realizó utilizando una bomba manual fumigadora de 20 L usada exclusivamente para esta labor.

En la fase inicial del cultivo se aplicó riego por aspersión con una dosis de 20 ml/planta. La frecuencia de riego fue tres veces por semana. De acuerdo con el desarrollo del cultivo, en la última fase la dosis de riego se incrementó a 500-1000 ml/planta. Para el control de las plagas se aplicó de forma foliar un insecticida (Abacmetima) con una dosis 20 cm³ en 20 litros de agua. El cultivo se realizó en condiciones de sombra mediante el uso de malla de sombreo (sarán). Los brinzales utilizados tenían una edad entre 10-14 meses.

2.3. Caracterización morfológica de los brinzales

Con el propósito de evaluar la calidad del brinzal forestal, se tomaron al azar una muestra de 15 brinzales por especie, a los cuales se les midió la altura del tallo (H_s ; cm) y el diámetro en el cuello de la raíz (D ; mm). Posteriormente, los brinzales fueron cortados por el punto de inserción del cotiledón y separados en cuatro fracciones: hojas, tallo, raíz principal (diámetro > 2 mm) y raíces finas (diámetro < 2 mm). Las hojas, tallo y raíz >2 mm fueron colocadas en sobres de papel debidamente etiquetados, mientras que las raíces > 2 mm fueron colocadas en fundas de polietileno con 5 ml de agua y colocadas en un congelador para su posterior análisis. Los sobres con las muestras de tallo y raíz >2 mm se colocaron en una estufa a 70°C durante 72 horas con el propósito de determinar posteriormente el peso seco (g) mediante pesado en una balanza técnica de 3 decimales preferiblemente. Por otra parte, las hojas fueron escaneadas para determinar el área foliar (AF ; cm²) de cada individuo. Se utilizó un escáner de alta resolución (EPSON V800. EPSON Corporation Japón). Las imágenes obtenidas se procesaron utilizando un software específico (WinRhizo, Regent Inst., Canadá). Posteriormente se determinó el peso seco de las hojas, y se calculó el Área Foliar Específica (SLA ; g/cm²) mediante el cociente entre peso seco de hojas y área foliar. Las raíces con diámetro < 2 mm fueron escaneadas (epígrafe 6.3) y seguidamente colocadas en una estufa a 70°C durante 72 horas con el propósito de determinar el peso seco (g). Una vez determinado el peso seco de las cuatro fracciones, se calcularon variables como la biomasa aérea (BA ; g), biomasa subterránea (BS ; g), biomasa total (BT ; g), relación BS/BA , BS/BT , e índice de esbeltez (IE cm.mm⁻¹), que se estimará mediante el cociente entre la altura del brinzal

y el diámetro del cuello de la raíz. Así mismo, se calculó el Índice de Calidad de Dickson [$DQI = BT / (IE + (BA/BS))$]. El presente estudio se realizó bajo una metodología descriptiva con un método destructivo, ya que los brinzales fueron seleccionados y fraccionados para la evaluación de sus variables morfológicas y del sistema radical.

2.4. Caracterización morfológica del sistema radical de los brinzales

Las raíces con diámetro < 2 mm fueron descongeladas y escaneadas utilizando un escáner de alta resolución (EPSON V800. EPSON Corporation Japón). Seguidamente las imágenes obtenidas se procesaron utilizando un software específico (WinRhizo, Regent Inst., Canadá) con el fin de determinar las variables morfológicas del sistema radical a escala de individuo. Las variables morfológicas que se determinaron son: longitud de raíces (LR ; cm), superficie absorbente (SA ; cm²), volumen (V ; cm³) y diámetro medio (Dm ; mm). Finalmente se obtendrá la biomasa mediante la determinación del peso seco realizando el secado en estufa a 70°C durante 72 horas (epígrafe 6.2). Posteriormente se calculó las variables longitud específica radical (SRL : cociente entre la longitud raíces y la biomasa de raíces; en m.g⁻¹) y densidad del tejido radical (RTD : cociente entre la biomasa de raíces y el volumen de raíces; en g.cm⁻³).

2.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software InfoStat (versión 2020; Universidad de Nacional de Córdoba, Argentina). La comparación de las medias de las variables morfológicas de los brinzales [Altura del tallo, diámetro en el cuello de la raíz, Peso seco de hojas, peso seco de tallo, peso seco raíz con diámetro > 2 mm), peso seco raíces finas (diámetro < 2 mm), biomasa aérea (BA), biomasa subterránea (BS), biomasa total (BT), relación BS/BA, BS/BT, índice de esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson ($DQI = BT / (IE + (BA/BS))$], las variables relacionadas con la morfología del sistema radical [longitud de raíces (LR ; cm), superficie absorbente (SA ; cm²), volumen (V ; cm³) y diámetro medio (Dm ; mm), peso seco de raíces, longitud específica radical (SRL), y densidad del tejido radical (RTD)], se analizaron mediante una *t* de student, siempre y cuando se cumplan los supuestos requeridos. En los casos en que dichos supuestos no se cumplieron, se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para las variables: altura del tallo, diámetro en el cuello de la raíz,

peso seco de tallo, peso seco de raíz < 2 mm, peso seco de raíz > 2 mm, biomasa aérea, biomasa subterránea, biomasa total y longitud específica radical.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Crecimiento y área foliar

Los resultados obtenidos evidencian diferencias morfológicas relevantes entre los brinzales de *C. ochroxylum* y *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*, las cuales reflejan estrategias funcionales diferentes en comparación a otras especies. La especie *C. ochroxylum* presentó una altura promedio del tallo de $80,57 \pm 5,08$ cm, valor significativamente superior al registrado en *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*, que alcanzó una media de $52,93 \pm 1,17$ cm evidenciándose diferencias estadísticas altamente significativas entre ambas especies (Tabla 1; $p < 0,0001$). Estos valores muestran que *C. ochroxylum* crece más en altura, es decir tiene mayor elongación y envía más energía a las hojas y tallos. Indacochea et al., (2019) indicaron resultados similares en plantas de 70-85 cm. En cambio, *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* se han reportado valores de 45-60 cm, como mencionan Moncada y Pucha (2024), algo normal en especies que no tienen mayor elongación.

Tabla 1. Variable de crecimiento de brinzales de las especies forestales nativas *Centrolobium ochroxylum* y *Handroanthus chrysanthus* spp. *Pluvicola*. Resultados análisis t-student (media±error típico, N=15). Resultados U de Mann-Whitney ⁽¹⁾: estadística no paramétrica.

Variables	Unidades	Especies		Valor t ó valor U ⁽¹⁾
		<i>C. ochroxylum</i>	<i>H. chrysanthus</i> spp. <i>Pluvicola</i>	
Altura del tallo	cm	$80,57 \pm 5,08$	$52,93 \pm 1,17$	5,47 ⁽¹⁾ ***
DCR	mm	$8,78 \pm 2,28$	$8,43 \pm 0,34$	0,26 ⁽¹⁾ ns
IE	cm/mm	$9,39 \pm 0,51$	$6,37 \pm 0,25$	5,61 ***
N. de hojas	u	$3,20 \pm 0,35$	$4,07 \pm 0,62$	-1,83 ns
AF	cm ³	$471,38 \pm 81,70$	$102,92 \pm 24,02$	5,22 ***
AFE	cm ² /g	$467,70 \pm 56,61$	$245,80 \pm 38,54$	4,06 ***

Nivel de significación: *** $p < 0,001$; ns no significativo. DCR: diámetro al cuello de la raíz, IE: índice de esbeltez, AF: área foliar, AFE: área foliar específica.

En cuanto al diámetro al cuello de la raíz se observaron valores similares entre las especies (*C. ochroxylum*, $8,78 \pm 2,28$ mm y *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*, $8,43 \pm 0,34$ mm), por lo que no hubo diferencias estadísticas (Tabla 1; $p=0,9504$). Estos resultados coinciden con los reportados por Gil et al. (2005), quienes señalan que brinzales de especies forestales tropicales de buena calidad presentan diámetros entre 6 y 10 mm al finalizar su etapa de cultivo en vivero. Sáenz et al. (2014) explican que el DCR está fuertemente influenciado por la técnica de cultivo en viveros, especialmente por la densidad de siembra y el tipo de sustrato, lo que podría explicar la similitud observada entre ambas especies bajo condiciones homogéneas de producción.

Respecto al índice de esbeltez (IE), *C. ochroxylum* registró valores de $9,39 \pm 0,51$ cm/mm, superando de manera significativa a *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*, que presentó una media de $6,37 \pm 0,25$ cm/mm (Tabla 1; $p=0,0001$) reflejando una mayor relación altura-diámetro en la primera especie. Moncada y Pucha (2024) reportaron valores de IE entre 8 cm/mm y 11 cm/mm para especies forestales tropicales con crecimiento rápido, rangos dentro de los cuales se encuentra *C. ochroxylum*. Por otra parte, Velázquez (2018) y Sánchez (2015) señalan valores bajos de IE, como los observados en *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*, indican un mayor vigor, lo que podría favorecer la resistencia al vuelco y al estrés.

En relación con el número de hojas, *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* obtuvo un valor medio ligeramente mayor ($4,07 \pm 0,62$ u) en comparación con *C. ochroxylum* ($3,20 \pm 0,35$ u); no obstante, esta diferencia no resultó ser estadísticamente significativa ($p=0,0796$). Respecto a las variables de área foliar y área foliar específica mostraron diferencias marcadas entre las especies. *C. ochroxylum* presentó valores significativamente superiores tanto en área foliar ($471,38 \pm 81,70$ cm²) como en área foliar específica ($467,70 \pm 56,61$ cm²/g), en comparación con *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*, que registró medias de $102,92 \pm 24,02$ cm² y $245,80 \pm 38,54$ cm²/g, respectivamente ($p<0,0001$), esto evidencia una mayor área foliar en *C. ochroxylum*. Ticona et al. (2024) reportaron valores de AF entre 400 y 520 cm² en brinzales de especies tropicales de crecimiento rápido, similares a los encontrados en este estudio.

3.2. Morfología de los brinzales

En relación a las variables de peso seco, *C. ochroxylum* mostró mayores valores de peso seco de hojas (1,03 g), peso seco de tallo (9,05 g) y peso seco de raíces <2mm

(4,44 g) en comparación con *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*, que presentó 0,44 g, 3,53 g y 1,55 g, respectivamente (Tabla 2). Con respecto al peso seco de raíz <2mm, *C. ochroxylum* registró un valor promedio de $4,44 \pm 0,85$ g, significativamente superiores a los observados en *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* ($1,55 \pm 0,12$ g), mostrando diferencias altamente significativas (Tabla 2; $p=0,0010^1$). Resultados similares se observaron para el peso seco >2mm, donde *C. ochroxylum* presentó medias significativamente superiores en comparación con *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* ($p=0,0010^1$).

Tabla 2. Variable de morfología de brinza, les de las especies forestales nativas *Centrolobium ochroxylum* y *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*. Resultados análisis t-student (media±error típico, N=15). Resultados U de Mann-Whitney ⁽¹⁾: estadística no paramétrica.

Variables	Unidades	Especies		Valor T ó valor U ⁽¹⁾
		<i>C. ochroxylum</i>	<i>H. chrysanthus</i> spp. <i>Pluvicola</i>	
Ps-hojas	g	$1,03 \pm 0,72$	$0,44 \pm 0,13$	3,09 **
Ps-tallo	g	$9,05 \pm 1,61$	$3,53 \pm 0,29$	3,63 ⁽¹⁾ **
Ps-raíz <2mm	g	$4,44 \pm 0,85$	$1,55 \pm 0,12$	3,81 ⁽¹⁾ ***
Ps-raíz >2mm	g	$4,44 \pm 0,85$	$1,55 \pm 0,12$	3,81 ⁽¹⁾ ***
Long. raíz principal	cm	$16,66 \pm 0,80$	$12,90 \pm 0,63$	3,76 ***
BA	g	$10,09 \pm 1,65$	$3,97 \pm 0,37$	4,06 ⁽¹⁾ **
BS	g	$8,87 \pm 1,71$	$3,10 \pm 0,23$	3,80 ⁽¹⁾ **
BT	g	$18,96 \pm 3,30$	$7,06 \pm 0,55$	4,06 ⁽¹⁾ **
BS/BA		$0,85 \pm 0,06$	$0,83 \pm 0,06$	0,35 ns
BS/BT		$0,45 \pm 0,02$	$0,45 \pm 0,02$	0,22 ns
DQI		$1,93 \pm 0,38$	$0,95 \pm 0,08$	2,16 ⁽¹⁾ ns

Nivel de significación: *** $p < 0.001$; ns no significativo). Ps: Peso seco, BA: Biomasa aérea BS: Biomasa subterránea BT: Biomasa total, BS/BA: relación entre Biomasa subterránea y Biomasa Aérea, BS/BT: relación entre Biomasa subterránea y Biomasa total, DQI: Índice de Calidad de Dickson

En cuanto a la longitud de la raíz principal, *C. ochroxylum* alcanzó una media de $16,66 \pm 0,80$ cm, valor significativamente mayor al registrado por *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* ($12,90 \pm 0,63$ cm) ($p=0,0010$). La biomasa total presentó medias superiores en *C. ochroxylum* ($18,96 \pm 3,30$ g) en comparación con *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* ($7,06 \pm 0,55$ g), mostrando diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0020^1$).

La biomasa aérea y la biomasa subterránea también fueron mayores en *C. ochroxylum*, con valores de $10,09 \pm 1,65$ g y $8,87 \pm 1,71$ g, respectivamente, evidenciándose diferencias significativas frente a *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* ($p=0,0017^1$). Indacochea et al. (2019) registraron biomasa aérea (BA) entre 9 g y 11 g, y biomasa subterránea (BS) de 7 g a 9 g en *C. ochroxylum*, datos que concuerdan con los hallazgos actuales. Bautista et al. (2005) reportaron valores de biomasa aérea entre 8 g y 12 g en brinzales forestales de alta calidad, rangos similares a los obtenidos para *C. ochroxylum*. Estas diferencias pueden explicarse por una mayor eficiencia fotosintética y una mayor capacidad de almacenamiento de reservas, favorecida por condiciones óptimas de sustrato y nutrición (Luna y Fontana, 2020). La relación BS/BA resultaron equiparables en ambas especies (0,85 en *C. ochroxylum* y 0,83 en *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*). Peñalver et al. (2021) indican que valores cercanos a 1 indican una apta capacidad radicular ante las exigencias foliares de la planta.

Finalmente, el Índice de Calidad de Dickson fue mayor en *C. ochroxylum* ($1,93 \pm 0,38$) respecto a *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* ($0,95 \pm 0,08$), aunque sin diferencias estadísticas significativas ($p=0,0680^1$). Ceacero et al. (2012) asocian valores superiores a 1 con brinzales de vigor morfológico elevado y mayor viabilidad de campo. Catagua et al. (2024) documentaron DQI de 1,5 a 2,2 en especies nativas destinadas a restauración, rangos que respaldan la calidad observada en *C. ochroxylum*.

3.3. Morfología del sistema radical de los brinzales

En cuanto a la morfología del sistema radical, la superficie absorbente fue significativamente mayor en *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*, que presentó una media de $383,81 \pm 32,58$ cm², en contraste con *C. ochroxylum*, que registró $186,15 \pm 13,98$ cm², evidenciándose diferencias altamente significativas entre ambas especies ($p < 0,0001$). De igual manera, la longitud de raíces < 2 mm fue superior en *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* ($10,56 \pm 0,49$ m) en comparación con *C. ochroxylum* ($5,88 \pm 0,33$ m), mostrando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$). Rueda-Sánchez et al. (2018) reportaron superficies absorbentes entre 350 y 420 cm² en especies tropicales adaptadas a suelos con limitaciones hídricas, valores comparables a los observados en *H. chrysanthus*. En relación con el diámetro medio de raíces > 2 mm, *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* presentó valores ligeramente

superiores ($1,21 \pm 0,11$ mm) respecto a *C. ochroxylum* ($1,01 \pm 0,06$ mm); sin embargo, esta variable no mostró diferencias significativas ($p=0,1082$). Por otro lado, el volumen de raíz menor a 2 mm fue significativamente mayor en *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* ($11,69 \pm 1,49$ cm³) en comparación con *C. ochroxylum* ($4,87 \pm 0,55$ cm³) ($p=0,0004$). Asimismo, Pathania et al. (2024) señalan que una mayor longitud de raíces finas incrementa la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, favoreciendo el establecimiento en ambientes degradados.

Tabla 3. Variable de morfología del sistema radical de las especies forestales nativas *Centrolobium ochroxylum* y *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola*. Resultados análisis t-student (media±error típico, N=15). Resultados de U de Mann-Whitney ⁽¹⁾: estadística no paramétrica.

Variables	Unidades	Especies		Valor t ó valor U ⁽¹⁾
		<i>C. ochroxylum</i>	<i>H. chrysanthus</i> spp. <i>Pluvicola</i>	
SA	cm ²	186,15±13,98	383,81±32,58	-5,58 ***
Longitud de raíces <2mm	m	5,88±0,33	10,56±0,49	-8,01 ***
Dm de raíz >2mm	mm	1,01±0,06	1,21±0,11	-1,67 ns
Vr <2mm	cm ³	4,87±0,55	11,69±1,49	-4,30 ***
DTR de raíz <2mm	g/cm ³	1,14±0,26	0,19±0,04	3,57 **
Long. específica radical	m/g	2,22±0,45	7,17±0,46	-7,65 ⁽¹⁾ ***
SA/AF	cm ² /cm ³	38,91±13,10	26,62±18,69	0,54 ns

Nivel de significación: *** $p<0.001$; ns no significativo). SA: superficie adsorbente, DM: diámetro medio, Vr: Volumen de raíz, DTR: densidad del tejido radical.

La longitud específica radical (SRL) fue mayor en *H. chrysanthus* spp. *Pluvicola* (7,17 m/g) que en *C. ochroxylum* (2,22 m/g) (Tabla 3), lo que indica una estrategia de menor inversión de biomasa por unidad de longitud radical. Noh et al. (2022) documentaron longitudes específicas de raíz viva (SRL) de 6 a 8 m/g en especies con notable plasticidad radicular, hallazgos que armonizan con los datos aquí presentados. En oposición, *C. ochroxylum* exhibió mayor densidad tisular radical (RTD) con 1,14 g/cm³, frente a 0,19 g/cm³ en *H. chrysanthus*, lo que apunta a raíces más voluminosas y robustas. Mihai et al. (2023) vinculan una RTD elevada con mejor

anclaje y acopio de reservas, atributos ventajosos en suelos movedizos para la supervivencia.

Los resultados indican que *C. ochroxylum* tiene rápido desarrollo, al paso que *H. chrysanthus spp. Pluvicola* enfatiza un sistema radicular delgado y eficaz. Tales disimilitudes funcionales responden a condicionantes fisiológicos, en sintonía con Viteri et al. (2010) y Grira et al. (2023), quienes resaltan que la complementariedad interespecífica potencia la eficacia de las intervenciones restaurativas forestales. Por último, la relación SA/FA no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *C. ochroxylum* ($38,91 \pm 13,10$) y *H. chrysanthus spp. Pluvicola* ($26,62 \pm 18,69$) para la variable evaluada (Tabla 3; $p = 0,5946$), lo que indica que ambas especies presentan un comportamiento similar.

4. CONCLUSIONES

C. ochroxylum presentó valores significativamente superiores en altura, índice de esbeltez y área foliar, lo que refleja un mayor crecimiento aéreo y una arquitectura más elongada en la fase de brinzal. Tuvo una mejor densidad del tejido radical en raíces finas, observándose mejor fijación radical. Asimismo, *H. chrysanthus spp. Pluvicola* presentó valores significativamente mayores de superficie adsorbente, longitud total de raíces finas (< 2 mm), volumen radical fino y longitud específica radical, lo que evidencia un sistema radical más ramificado y eficiente para la absorción de agua y nutrientes.

Por su lado, *C. ochroxylum* presentó mayor biomasa aérea, biomasa subterránea y biomasa total, lo que se refleja en un mayor Índice de Calidad de Dickson, aunque no alcanzó diferencias estadísticamente significativas frente a *H. chrysanthus spp. Pluvicola*. No obstante, la similitud en las relaciones BS/BA y BS/BT de ambas especies indica un equilibrio adecuado entre el crecimiento aéreo y radical, considerado un atributo deseable para programas de restauración forestal.

De tal modo que, aunque la relación biomasa subterránea/biomasa aérea no superó la unidad, los valores obtenidos fueron cercanos a 1 en ambas especies, lo cual, según investigaciones, se considera un indicador de equilibrio morfofuncional y adecuada capacidad radical frente a la demanda aérea. Estos resultados permiten aceptar parcialmente la hipótesis planteada, concluyendo que ambas especies presentaron

una calidad de brinzal aceptable para su establecimiento en zonas de restauración. Además, las diferencias observadas en sus estrategias de crecimiento resaltan su potencial complementario en proyectos de restauración forestal en el cantón Puerto López, provincia de Manabí.

5. BIBLIOGRAFÍAS

- Agila, S., Burneo, A., Narváez, L., & Pucha, D. (2019). Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de guayacán al sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 1–15.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1145>
- Aguirre Z. 2012. Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenibles ante el Cambio Climático. MAE/FAO – Finlandia. Quito, Ecuador. 130p.
https://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/21/14042335632720/especies_forestales_bosques_secos_del_ecuador.pdf
- Carranza, M., Escobar, A., Nieto, J., Morante, J., Cevallos, O., Cruz, O., Saucedo, S., & Reyes, X. (2019). Propagación de *Tabebuia donnell-smithii* Rose (guayacán blanco) utilizando hormonas de enraizamiento. *Ciencia y Tecnología*, 5(2), 17–26.
https://revistas.uteg.edu.ec/index.php/ciencia_y_tecnologia/article/view/602
- Ceacero, C. J., Díaz-Hernández, J. L., Campo, A. D. del, & Navarro-Cerrillo, R. M. (2012). Evaluación temprana de técnicas de restauración forestal mediante fluorescencia de la clorofila y diagnóstico de vitalidad de brinzales de encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*). *Bosque*, 33(2), 191–202.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002012000200010
- Contreras, A. R., & Trejo, D. A. R. (2004). Efecto de calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 10(1), 5–11.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62910101>
- Chirino, E., Erades, A., Vilagrosa, A., & Vallejo, V. R. (2013). Dinámica, morfología y topología del sistema radical de seis especies leñosas mediterráneas. En *Avances en la restauración de sistemas forestales* (pp. 177–182).
<https://n9.cl/2uh5ck>
- González, J., Pambi, V., Uyaguari, E., & Zhiñin, H. (2020). Estado actual de la restauración ecológica en la región sur del Ecuador. *CEDAMAZ*, 7(1), 1–10.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/369>

- Girra, M., Prinsen, E., & Werbrouck, S. P. O. (2023). El guayacán y su metabolismo de meta-topolina ribósido. *Plants*, 12(20), 3577. <https://doi.org/10.3390/plants12203577>
- Indacochea, B., Parrales, J., Hernández, A., Castro, C., Vera, M., Zhindón, A., & Gabriel, J. (2019). Evaluación de medios de cultivo *in vitro* para especies forestales nativas en peligro de extinción en Ecuador. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 63–89. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242018000100063
- Jones, J., Ellison, D., Ferraz, S., Lara, A., Wei, X., & Zhang, Z. (2022). Forest restoration and hydrology. *Forest Ecology and Management*, 520, 120342. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120342>
- Luna, C. V., & Fontana, M. L. (2020). Calidad de planta y comportamiento morfológico de *Cedrela fissilis* Vell. en vivero. *Quebracho*, 28(2), 145–158. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-81512020000200005
- Mihai, R., Melo, E., Pinto, E., Espinoza, I., Cubi, N., Mejía, J., Catana, R., Moldoveanu, M., & Florescu, L. (2023). Embriogénesis somática de árboles medicinales representativos de Sudamérica. *Forests*, 14(10), 2066. <https://doi.org/10.3390/f14102066>
- Moncada, V., & Pucha, D. (2024). Dinámica de crecimiento de *Handroanthus chrysanthus* al sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 14(2), 73–81. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/2214>
- Noh, J., Echeverría, C., Gaona, G., Kleemann, J., Koo, H., Fürst, C., & Cuenca, P. (2022). Fragmentación de los ecosistemas forestales en Ecuador. *Land*, 11(2), 287. <https://doi.org/10.3390/land11020287>
- Paredes, C., Viafara, D., Dago, Y., Villalta, B., Machado, J., & Reyes, J. (2025). Caracterización de especies forestales nativas como fuentes de semilla en la Amazonía ecuatoriana. *Ciencia Latina*, 9(2), 3242–3258. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/17136>
- Pathania, S., Itle, R., Chávez, C., Lema, L., Caballero, V., Carrasco, J., & Chávez, D. (2024). Caracterización morfológica de *Prunus serotina* subsp. *capuli* colectada en Ecuador. *Horticulturae*, 10(12), 1324. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10121324>
- Quichimbo, P., Jiménez, L., Veintimilla, D., Tischer, A., Günter, S., Mosandl, R., & Hamer, U. (2017). Clasificación de sitios forestales en la región andina sur del Ecuador. *Forests*, 8(12), 473. <https://doi.org/10.3390/f8120473>
- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J. D. D., Sáenz-Reyes, J. T., Muñoz-Flores, H. J., Prieto-Ruiz, J. Á., & Orozco-Gutiérrez, G. (2018). Calidad de planta

- producida en viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46), 58–73. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.350>
- Sáenz-Reyes, J. T., Muñoz-Flores, H. J., Pérez, C. M. Á., Rueda-Sánchez, A., & Hernández-Ramos, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(26), 98–111. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000600008
- Sánchez, M. (2015). Ecuador: revisión del recurso forestal y la deforestación. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1), 41–54. <https://doi.org/10.26423/rctu.v3i1.70>
- Suntasig, E., Carrera, K., & Manobanda, P. (2024). Impacto de especies forestales en la restauración de suelos de minería. *Agroecología Global*, 6(11), 21–34. <https://ve.scielo.org/pdf/agrecam/v6n11/2665-0290-agrecam-6-11-21.pdf>
- Ticona, H., Millones, A., Zela, N., Chambi, N., & Sucari, A. (2024). Reforestación y percepción ambiental en Puno. *ALFA*, 8(22), 191–207. <http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v8n22/a15-191-207.pdf>
- Villalón-Mendoza, H. (2016). Indicadores de calidad de planta de *Quercus canbyi* en vivero. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(1), 46–52. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63446972005>
- Viteri, I. A., Cuenca, I. P., & Cordero, E. V. (2010). Análisis del sector forestal y cambio climático en Ecuador. <https://www.fao.org/3/i1963s/i1963s.pdf>

