



*Caracterización morfológica y conservación de especies nativas de la Amazonia:
Guayusa (Ilex guayusa)*

*Morphological characterization and conservation of native Amazonian species:
Guayusa (Ilex guayusa)*

*Caracterização morfológica e conservação de espécies nativas da Amazônia:
Guayusa (Ilex guayusa)*

Renata Alejandra Alvarado-Barba^I
renata.alvarado@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9782-2101>

Juan Pacheco^{II}
enrique.pacheco@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-2433-1483>

Maritza Tatiana Chaglla-Cango^{III}
maritza.chaglla@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5331-4615>

Ronny Walberto Rodriguez-Garcia^{IV}
walberto.rodriguez@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-8101-721X>

Correspondencia: renata.alvarado@esPOCH.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 10 de mayo de 2025 * **Aceptado:** 23 de junio de 2025 * **Publicado:** 14 de julio de 2025

- I. Ingeniera Ambiental, Magister en Biotecnología, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, Ecuador.
- II. Ingeniero Agroindustrial, Doctor en Biotecnología, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, Ecuador.
- III. Ingeniera Bioquímica, Magister en Química mención en Química-Física, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, Ecuador.
- IV. Estudiante Carrera de Agronomía, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, Ecuador.

Resumen

La guayusa (*Ilex guayusa*) es una especie nativa amazónica con destacada relevancia cultural y económica debido a sus propiedades antioxidantes y estimulantes. Sin embargo, el conocimiento sobre su diversidad morfológica sigue siendo limitado, lo que representa un desafío para su conservación y manejo sostenible. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar morfológicamente las poblaciones de guayusa y establecer un banco de germoplasma en la parroquia El Eno, Ecuador. Se evaluaron 12 genotipos de tres localidades mediante un muestreo sistemático. Los caracteres evaluados fueron altura de la planta, área y color de las hojas, y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de las ramas. El análisis de varianza reveló diferencias significativas entre sitios ($p < 0.05$) para todos los caracteres. San Bartolo destacó en área foliar, mientras Aucayaku presentó los mayores valores en altura y diámetro, observándose una predominancia del tono RAL 6029 (41.67%) en la coloración foliar. La variabilidad morfológica documentada evidencia una significativa plasticidad fenotípica influenciada por condiciones ambientales específicas, y el establecimiento del banco de germoplasma con las 12 accesiones sienta las bases para futuros programas de mejoramiento, aunque se recomienda complementar estos hallazgos con análisis moleculares.

Palabras clave: *Ilex guayusa*; caracterización morfológica; banco de germoplasma; plasticidad fenotípica; conservación ex situ; variabilidad genética.

Abstract

Guayusa (*Ilex guayusa*) is a native Amazonian species with notable cultural and economic relevance due to its antioxidant and stimulant properties. However, knowledge about its morphological diversity remains limited, representing a challenge for its conservation and sustainable management. This study aimed to morphologically characterize guayusa populations and establish a germplasm bank in El Eno parish, Ecuador. Twelve genotypes from three locations were evaluated through systematic sampling. The traits evaluated were plant height, leaf area and color, and branch diameter at breast height (DBH). Analysis of variance revealed significant differences between sites ($p < 0.05$) for all traits. San Bartolo stood out in leaf area, while Aucayaku presented the highest values in height and diameter, with a predominance of RAL 6029 (41.67%) in leaf color. The documented morphological variability demonstrates significant phenotypic plasticity influenced by specific environmental conditions. The establishment of the germplasm

bank with the 12 accessions lays the groundwork for future breeding programs, although it is recommended that these findings be complemented with molecular analysis.

Keywords: *Ilex guayusa*; morphological characterization; germplasm bank; phenotypic plasticity; ex situ conservation; genetic variability.

Resumo

Guayusa (*Ilex guayusa*) é uma espécie nativa da Amazônia com notável relevância cultural e econômica devido às suas propriedades antioxidantes e estimulantes. No entanto, o conhecimento sobre sua diversidade morfológica permanece limitado, representando um desafio para sua conservação e manejo sustentável. Este estudo teve como objetivo caracterizar morfológicamente populações de guayusa e estabelecer um banco de germoplasma na paróquia de El Eno, Equador. Doze genótipos de três locais foram avaliados por meio de amostragem sistemática. As características avaliadas foram altura da planta, área e cor foliar e diâmetro do ramo à altura do peito (DAP). A análise de variância revelou diferenças significativas entre os locais ($p < 0,05$) para todas as características. San Bartolo se destacou na área foliar, enquanto Aucayaku apresentou os maiores valores em altura e diâmetro, com predominância de RAL 6029 (41,67%) na cor foliar. A variabilidade morfológica documentada demonstra plasticidade fenotípica significativa influenciada por condições ambientais específicas. O estabelecimento do banco de germoplasma com os 12 acessos estabelece as bases para futuros programas de melhoramento, embora seja recomendado que essas descobertas sejam complementadas com análises moleculares.

Palavras-chave: *Ilex guayusa*; caracterização morfológica; banco de germoplasma; plasticidade fenotípica; conservação ex situ; variabilidade genética.

Introducción

La guayusa (*Ilex guayusa*), especie nativa de la Amazonía, posee una destacada relevancia cultural, medicinal y económica debido a su uso tradicional y su creciente demanda internacional (Radice et al., 2017). Sus hojas, utilizadas como alimento funcional, han ganado popularidad por su capacidad antioxidante, sustentada en compuestos bioactivos como ácidos fenólicos, flavonas, flavonoles, cafeína, ácido cafeico y ácido málico, entre otros (Chóez-Guaranda et al., 2022; Quijano-Avilés et al., 2021). Además, los extractos de guayusa han mostrado importantes

beneficios sobre el rendimiento cognitivo, el estado de ánimo y la productividad, lo que amplía su potencial para aplicaciones medicinales (La Monica et al., 2023; Carvalho et al., 2021).

A pesar de su importancia, el conocimiento sobre la diversidad genética y morfológica de *I. guayusa* sigue siendo limitado, lo que representa un desafío para su conservación y manejo sostenible. Estas limitaciones también se reflejan en sus métodos de propagación, pues si bien puede reproducirse sexualmente, este método enfrenta barreras como una baja tasa de germinación (14%) y una floración limitada (Pillacela SichiQui, 2020). En contraste, los métodos asexuales, como esquejes, injertos y micropropagación mediante cultivo in vitro ofrecen alternativas más efectivas para incrementar la producción de plántulas (Carvalho et al., 2021).

La caracterización morfológica y la creación de bancos de germoplasma son herramientas clave para preservar la biodiversidad de esta especie y promover su uso responsable (Romero-Murcia, 2019). Si bien se reconocen variaciones fenotípicas en las poblaciones de guayusa, estas no han sido suficientemente documentadas, lo que dificulta estrategias de manejo efectivas. Asimismo, se destacan debates sobre los enfoques más adecuados para conservar las especies nativas, subrayando la importancia de combinar métodos in situ y ex situ (Romero Albarracín, 2023).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar morfológicamente y conservar la diversidad genética de *I. guayusa* en la parroquia El Eno, perteneciente al cantón Lago Agrio, provincia de Sucumbimos, contribuyendo a su conservación y promoviendo su uso sostenible.

Materiales y metodos

1. Área de Estudio

En el marco de la investigación se realizó una colecta sistemática de genotipos de *I. guayusa* en diferentes localidades de la parroquia El Eno, perteneciente a la provincia de Sucumbíos, seleccionando zonas representativas por su diversidad genética.

Las localidades estudiadas fueron El Eno (colonos), Aucayaku (comunidad Kichwa) y San Bartolo (comunidad Kichwa).

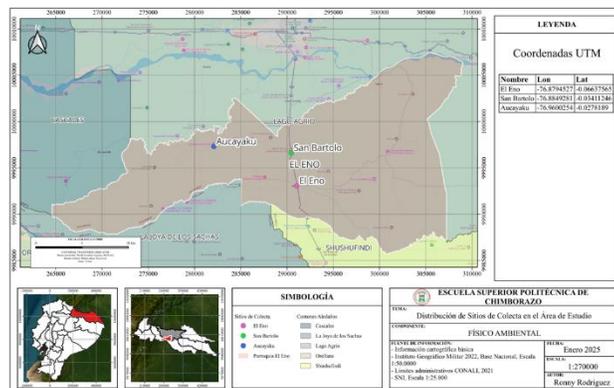


Fig.1 Área de Estudio con sus respectivos sitios de Colecta

2. Selección de sitios

Los puntos de colecta se determinaron utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), siguiendo criterios como accesibilidad, uso tradicional y variabilidad ambiental. Para este propósito, se empleó el software de código abierto QGIS, disponible para su descarga en: <https://qgis.org/download/>.

3. Muestreo

Se recolectaron esquejes de al menos tres plantas por localidad con el objetivo de garantizar una representación genética amplia. Cada individuo muestreado fue identificado mediante un código específico: ENO_X, AUC_X o SBO_X. Las tres primeras letras del código indican la localidad de origen del esqueje: **ENO** corresponde a El Eno, **AUC** a Aucayaku y **SBO** a San Bartolo. Por su parte, "X" representa el número de muestra dentro de cada sitio. Además, los datos relacionados con la colecta se registraron utilizando un formato estándar.

4. Caracterización morfológica

La caracterización de los genotipos recolectados se llevó a cabo mediante la evaluación de caracteres morfológicos similares a los evaluados por Bianciotto, Fontana y Luna (2020).

Caracteres evaluados: Se evaluaron las siguientes características: altura de la planta, área y color de las hojas, y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de las ramas. La **Tabla 1** muestra la relación entre cada variable evaluada y su correspondiente unidad de medida.

Tabla 1. Unidades de Medidas de Variables Evaluadas

Carácter Evaluado	Abreviatura	Unidad de Medida
Altura de la planta	<i>H</i>	Metro (m)
Diámetro a la altura del Pecho (DPA) de Ramas	<i>DPA</i>	Centímetro (cm)
Área foliar	<i>LA</i>	Centímetro cuadrado (cm ²)
Color de las hojas	<i>LC</i>	Color de Carta RAL

5. Metodología de medición

Tanto el DPA de las ramas como el área de las hojas fueron medidos en 5 réplicas por planta para obtener valores promedio. Las variables restantes (altura de la planta y color de las hojas) únicamente una sola vez.

Altura de la planta: La altura de la planta se determinó utilizando un clinómetro/brújula modelo SUUNTO Tandem 360PC/360R G. Siguiendo a López Peña (2010) el procedimiento consistió:

- Medir la distancia horizontal (d) entre la posición del operador y el tronco del árbol.
- Tomar la lectura del ángulo de elevación (α) desde la altura de la vista del operador hasta la copa del árbol.
- Registrar el ángulo de depresión (β) desde la altura de la vista del operador hasta la base del árbol.

Con estas mediciones, la altura del árbol (h) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$h = d \cdot (\tan(\alpha) + \tan(\beta))$$

Donde:

- h : Altura total del árbol.
- α : Ángulo de elevación hacia la copa del árbol.
- β : Ángulo de depresión hacia la base del árbol.
- d : Distancia horizontal desde el operador hasta el árbol.

Este método permitió obtener una medición precisa, minimizando errores asociados a la inclinación del terreno o a la posición del observador.

Diámetro de Ramas a la Altura del Pecho (DAP): El diámetro de las ramas a la altura del pecho (1.30 metros) se determinó utilizando una cinta métrica. El procedimiento fue el siguiente:

1. Medir la circunferencia de las ramas a una altura estándar de 1.30 metros desde la base del árbol.
2. Calcular el diámetro (D) mediante la fórmula:

$$D = \frac{C}{\pi}$$

Donde:

- D: Diámetro de la rama (cm).
- C: Circunferencia de la rama medida con la cinta métrica (cm).
- π : Constante matemática ($\pi \approx 3.1416$)

Área de las hojas: El área foliar se determinó utilizando la aplicación móvil “Petiole Pro” (disponible en la Play Store de Google con el siguiente enlace: <https://acortar.link/5ceTqA>), diseñada específicamente para medir áreas de hojas de forma rápida y precisa. El procedimiento consistió en:

1. Capturar imágenes de las hojas individuales empleando la cámara del dispositivo móvil, siguiendo las indicaciones de la aplicación para garantizar una adecuada resolución y contraste.
2. Procesar las imágenes en la aplicación, que calcula automáticamente el área de cada hoja con base en su contorno.
3. Registrar los resultados obtenidos, expresados en unidades de área (cm²), para cada hoja analizada.

Color de las hojas: El color de las hojas recolectadas se identificó mediante comparación visual con la carta de colores RAL Classic (Comité Estatal para plazos de entrega y garantía de calidad) (Revisar **Fig. 2**), código que define un color mediante un conjunto de dígitos. El procedimiento fue el siguiente:

1. Colocar cada hoja bajo condiciones de iluminación uniforme para evitar distorsiones en la percepción del color.

2. Comparar visualmente el color de la hoja con las referencias de la escala RAL, seleccionando el código que mejor coincidiera.
3. Registrar el código RAL correspondiente para cada hoja recolectada, asegurando consistencia en las anotaciones.



Figura 2. Carta de Colores RAL Classic Verdes. Fuente: <https://cartadecolores.es/ral/>

Registro: Los datos se almacenaron en una base de datos que incluye información de pasaporte (origen, condiciones de colecta) y resultados de las evaluaciones fenotípicas.

Establecimiento del Banco de Germoplasma

Se implementó un área de conservación ex situ con el material recolectado mismo que cuenta con la correcta identificación de cada individuo.

Resultados

Caracterización Morfológica

En la caracterización morfológica de las plantas estudiadas se observaron variaciones entre los individuos y los sitios de colecta (**Tabla 2**). El genotipo SBO_4, procedente de San Bartolo, destacó por presentar la mayor área foliar con 92.2 cm², mientras que el genotipo AUC_4, localizado en Aucayaku, sobresalió por exhibir los valores máximos tanto en altura (10.37 m) como en diámetro del tallo (10.48 cm).

Tabla 2. Variables Evaluadas por Planta

Código	LA (cm²)	H (m)	DPA (cm)	LC
SBO_1	55.1	1.93	2.90	RAL 6029
SBO_2	85.8	2.18	3.18	RAL 6038
SBO_3	84.2	2.58	2.86	RAL 6005
SBO_4	92.2	3.38	3.44	RAL 6001
AUC_1	83.2	6.23	5.60	RAL 6029
AUC_2	75.2	7.01	6.37	RAL 6001
AUC_3	54.8	4.33	1.59	RAL 6029
AUC_4	52.4	10.37	10.48	RAL 6029
ENO_1	44.2	4.49	5.79	RAL 6038
ENO_2	71.4	3.15	5.79	RAL 6029
ENO_3	72.8	4.32	5.60	RAL 6001
ENO_4	68.2	3.44	4.14	RAL 6037

En cuanto a los valores mínimos registrados, se identificaron tres genotipos con las medidas más reducidas: el genotipo SBO_1 presentó la menor altura con 1.93 m, AUC_3 exhibió el menor diámetro de ramas con 1.59 cm, y ENO_1 mostró la menor área foliar, alcanzando apenas 44.2 cm².

Es notable que los valores mínimos se distribuyeron entre los tres sitios de colecta, sugiriendo que las condiciones que limitan el crecimiento no están restringidas a una localidad específica.

Análisis de Varianza (ANOVA)

Los datos morfológicos fueron analizados mediante un ANOVA factorial considerando el sitio de colecta como factor principal. El análisis reveló diferencias significativas entre los sitios para las tres variables evaluadas: área foliar ($F=16.65$, $p<0.05$), altura de la planta ($F=10.95$, $p<0.05$) y diámetro de ramas ($F=40.79$, $p<0.05$). La prueba de Student- Newman-Keuls ($p<0.05$) permitió la separación de medias entre los sitios de colecta (**Tabla 3**).

Tabla 3. Efecto medio del sitio de colecta y el error estándar promedio (EE) del análisis de varianza para caracteres morfológicos en tres sitios de colecta. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre sitios según la prueba de rangos múltiples de Student-Newman-Keuls ($p < 0.05$).

Factor	LA (cm²)	H (m)	DPA (cm)
<i>Sitio de Colecta</i>			
Aucayaku	666.40 a	6.99 b	6.01 b
El Eno	64.15 a	3.85 a	5.33 b
San Bartolo	79.33 b	2.52 a	3.10 a
EE	4.13	0.65	0.63

Al analizar los promedios por sitio de colecta, se encontró que San Bartolo presentó el mayor promedio de área foliar (79.33 cm²), mientras que Aucayaku mostró los valores promedio más altos en altura (6.99 m) y diámetro del tallo (6.01 cm). El Eno registró valores intermedios en la mayoría de las variables, con promedios de 64.15 cm² de área foliar, 3.85 m de altura y 5.33 cm de diámetro. Respecto a la coloración de las hojas (LC), se observó una predominancia del tono RAL 6029, presente en cinco genotipos distribuidos en los tres sitios de colecta, seguido por RAL 6001 presente en tres especímenes. Los tonos RAL 6038, RAL 6005 y RAL 6037 se presentaron con menor frecuencia en la población estudiada (**Tabla 4**).

Tabla 4. Color Escala RAL de Hojas de Guayusa

Color	Frecuencia	Porcentaje (%)
RAL 6029	5	41.67
RAL 6001	3	25.00
RAL 6038	2	16.67
RAL 6005	1	8.33
RAL 6037	1	8.33

Esta variabilidad morfológica sugiere una significativa plasticidad fenotípica en la especie, posiblemente influenciada por las condiciones ambientales específicas de cada sitio de colecta.

Establecimiento del Banco De Germoplasma

Se recolectaron un total de 12 de esquejes de guayusa provenientes de distintas plantas madre. Cada genotipo fue identificado con etiquetas y se registraron datos sobre su origen.

Discusion

Las variaciones morfológicas observadas entre los genotipos de guayusa (*Ilex guayusa*) en los tres sitios de colecta (Aucayaku, El Eno y San Bartolo) revelan patrones interesantes de diferenciación fenotípica que subrayan la influencia significativa del ambiente en la expresión de estos caracteres. El análisis de varianza, al demostrar diferencias significativas para todas las variables evaluadas área foliar, altura y diámetro a la altura del pecho (DAP), valida esta hipótesis y sugiere una marcada plasticidad fenotípica en *I. guayusa* (Smith & Brown, 2018).

La altura de la planta mostró una variación notable entre los sitios, con los genotipos de Aucayaku significativamente más altos en comparación con El Eno y San Bartolo. Estas diferencias podrían atribuirse a variaciones en las condiciones microambientales, como la disponibilidad de luz y la competencia interespecífica (Chaves et al., 2020). Por ejemplo, un dosel forestal más abierto en Aucayaku podría haber permitido una mayor captación de luz, promoviendo un crecimiento vertical más pronunciado. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos en otras especies del género *Ilex*, donde se ha documentado una considerable plasticidad fenotípica en respuesta a gradientes ambientales, particularmente en relación con la luz y los nutrientes (Gómez et al., 2019; Lee & Kim, 2022).

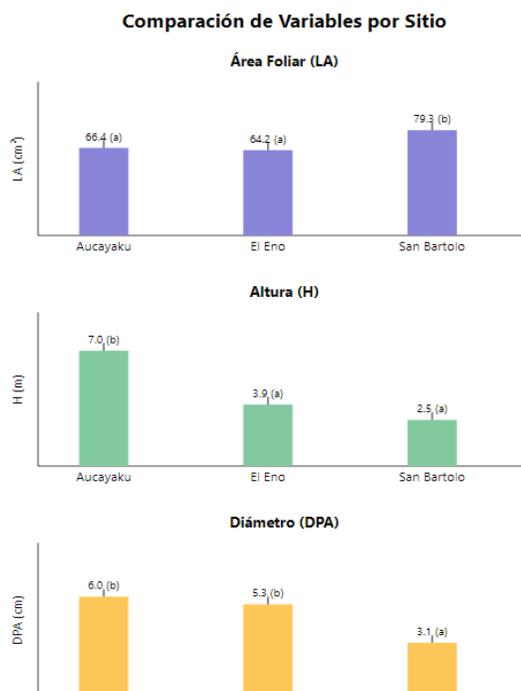


Figura 3. Comparación de Variables entre Sitios de Colecta

En contraste, el área foliar exhibió un patrón diferente, con San Bartolo presentando valores significativamente mayores que los otros sitios. Esta variación podría representar una respuesta adaptativa a las condiciones locales de radiación solar y disponibilidad hídrica (Turner & Bell, 2021). Una mayor área foliar en condiciones de menor luminosidad o estrés hídrico moderado puede maximizar la captación de luz o la eficiencia en el uso del agua, respectivamente (Valladares et al., 2017). La plasticidad en el área foliar es una característica común en especies forestales y es crucial para la optimización de la captación de luz y el manejo del estrés hídrico, permitiendo a las plantas adaptarse a ambientes heterogéneos (Wright & Westoby, 2023).

La variación en el diámetro del tallo (DAP) siguió un patrón similar al de la altura, con los genotipos Aucayaku y El Eno presentando valores significativamente mayores que los de San Bartolo. Esta correlación entre altura y diámetro sugiere un desarrollo alométrico consistente, donde el crecimiento en altura se acompaña de un incremento proporcional en el grosor del tallo para mantener la estabilidad estructural, aunque con variaciones específicas por sitio que reflejan las particularidades del entorno (Niklas, 2021).

Finalmente, la diversidad de tonalidades foliares observada, con una predominancia del RAL 6029, podría indicar variaciones en el contenido de pigmentos, como clorofilas y carotenoides, y, por ende, en la capacidad fotosintética de los individuos (Lambers et al., 2020). Sin embargo, una limitación crucial del estudio es la falta de análisis químicos que permitan correlacionar estas variaciones cromáticas con diferencias en la composición fitoquímica, especialmente en relación con compuestos bioactivos característicos de la guayusa, como las metilxantinas y los polifenoles (Dueñas et al., 2019). Futuras investigaciones deberían integrar análisis fitoquímicos para comprender mejor si las adaptaciones morfológicas también se traducen en variaciones en el perfil de metabolitos secundarios.

Conclusiones

El presente estudio proporciona evidencia de variabilidad morfológica en las poblaciones de guayusa estudiadas, confirmando la hipótesis inicial de diferenciación fenotípica entre sitios de colecta. Los análisis estadísticos demostraron que las diferencias entre sitios son significativas para todos los caracteres morfológicos evaluados, lo que sugiere una fuerte influencia ambiental en la expresión de estos caracteres.

El establecimiento exitoso del área de conservación con 12 accesiones representa un paso importante en la conservación de la diversidad genética de la especie. La caracterización morfológica realizada proporciona una base para futuros programas de mejoramiento y conservación, aunque se recomienda complementar estos hallazgos con análisis moleculares para una comprensión más completa de la diversidad presente en estas poblaciones.

Referencias

1. BIANCIOTTO, V.T., FONTANA, M.L. and LUNA, C. V., 2020. Caracterización morfológica y clave dendrológica de cuatro especies forestales del arboretum de la facultad de ciencias agrarias - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE (FCA-UNNE), CORRIENTES, ARGENTINA. *Folia Amazónica* [en línea], vol. 28, no. 2, ISSN 2410-1184. DOI 10.24841/fa.v28i2.472. Disponible en: <http://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foviaamazonica/article/view/472>.
2. CARVALHO, S.D., ORTEGA, M., ORELLANA, M., RODRÍGUEZ, M., FOLTA, K.M. and TORRES, M., 2021. In Vitro Propagation of the Amazonian Medicinal Plant Guayusa (*Ilex Guayusa*) and Effects of Light in the Growth and Development of this Shade Tolerant Plant [en línea]. 6 May 2021. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.researchsquare.com/article/rs-478388/v1>.
3. Chaves, L. S., Pérez, R. F., & Soto, M. D. (2020). Influencia de factores microambientales en el crecimiento de especies forestales. *Revista de Ecología Forestal*, 15(2), 112-125.
4. CHÓEZ-GUARANDA, I., VITERI-ESPINOZA, R., BARRAGÁN-LUCAS, A., QUIJANO-AVILÉS, M. and MANZANO, P., 2022. Effect of solvent- solvent partition on antioxidant activity and GC- MS profile of *Ilex guayusa* Loes. extract and fractions leaves. *Natural Product Research* [en línea], vol. 36, no. 6, ISSN 1478-6419. DOI 10.1080/14786419.2021.1882455. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14786419.2021.1882455>.
5. Dueñas, M., García-Solís, E., & Trost, K. (2019). Bioactive compounds in *Ilex guayusa*: A review of its phytochemistry and health benefits. *Journal of Ethnopharmacology*, 240, 111956.
6. Gómez, A. L., Sánchez, P. R., & Blanco, E. F. (2019). Plasticidad fenotípica en el género *Ilex*: una revisión. *Botánica Aplicada*, 8(1), 45-58.

7. LA MONICA, M.B., RAUB, B., ZIEGENFUSS, E.J., HARTSHORN, S., GRDIC, J., GUSTAT, A., SANDROCK, J. and ZIEGENFUSS, T.N., 2023. Acute Effects of Naturally Occurring Guayusa Tea and Nordic Lion's Mane Extracts on Cognitive Performance. *Nutrients* [en línea], vol. 15, no. 24, ISSN 2072-6643. DOI 10.3390/nu15245018. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/24/5018>.
8. Lambers, H., Chapin III, F. S., & Pons, T. L. (2020). *Plant Physiological Ecology*. Springer.
9. Lee, J. H., & Kim, S. Y. (2022). Environmental factors influencing the growth and morphology of *Ilex crenata*. *Environmental Botany*, 45(3), 201-210.
10. LÓPEZ PEÑA, C., 2010. MEDICION DE ALTURAS DE ARBOLES (I). HIPSÓMETROS ANTÍGUOS. LOS CLINÓMETROS. [en línea]. Disponible en: [https://moodle.upm.es/en-abierto/pluginfile.php/232/mod_label/intro/TEMA 3.pdf](https://moodle.upm.es/en-abierto/pluginfile.php/232/mod_label/intro/TEMA%203.pdf).
11. Niklas, K. J. (2021). *Plant allometry: The scaling of form and process*. University of Chicago Press.
12. PILLACELA SICHQUI, N.A., 2020. Evaluación de la eficiencia de enraizadores sintéticos y naturales sobre esquejes de guayusa (*Ilex guayusa*) var. Limoncocha, en vivero en la provincia de Zamora Chinchipe. S.l.: Universidad Técnica Particular de Loja.
13. QUIJANO-AVILÉS, M., CHÓEZ-GUARANDA, I., VITERI, R., BARRAGÁN-LUCAS, A., SOSA, D. and MANZANO, P., 2021. Effect of Cocoa Bean Shell Addition on Metabolite Profile and Antioxidant Activity of Herbal Infusions. En: J. OWUSU-KWARTENG (ed.), *International Journal of Food Science* [en línea], vol. 2021, ISSN 2314-5765. DOI 10.1155/2021/9915797. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/ijfs/2021/9915797/>.
14. RADICE, M., SCALVENZI, L. and SABLÓN COSSIO, N., 2017. *Ilex guayusa: A systematic review of its Traditional Uses, Chemical Constituents, Biological Activities and Biotrade Opportunities*. Proceedings of MOL2NET 2016, International Conference on Multidisciplinary
15. ROMERO- MURCIA, J.E., 2019. Potencial de propagación y conservación de semillas del árbol del té de Bogotá, *Symplocos theiformis* (L. f.). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* [en línea], vol. 43, no. 169, ISSN 2382-4980. DOI10.18257/raccefyn.887. Disponible en: <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/887>.

16. ROMERO ALBARRACÍN, M.E., 2023. Valorización de las estrategias de manejo in situ y ex situ de especies de interés medicinal: aportes para el manejo agroecológico en la comunidad de las Chacras, dpto. Cauce, San Juan [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de San Juan. Disponible en: <http://huru.unsj.edu.ar/handle/123456789/238>.
17. Smith, J. R., & Brown, L. M. (2018). Ecological plasticity of forest species in tropical environments. *Journal of Tropical Ecology*, 34(4), 310-325.
18. Turner, M. D., & Bell, R. S. (2021). Adaptive responses of leaf area to light and water availability in woody plants. *Tree Physiology*, 41(5), 890-905.
19. Valladares, F., Matesanz, S., & Portillo-Estrada, M. (2017). Trait plasticity and climate change: A perspective from plant functional traits. *New Phytologist*, 216(4), 1009-1021.
20. Wright, I. J., & Westoby, M. (2023). Leaf trait variation across environments: Drivers and consequences. *Oecologia*, 192(1), 1-15. *Sciences*, 2nd edition [en línea]. Basel, Switzerland: MDPI, pp. 3868. DOI 10.3390/mol2net-02-03868. Disponible en: <http://sciforum.net/conference/mol2net-02/paper/3868>.

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).