

# Especies forestales con alto potencial para la recuperación hídrica: identificación de especies nativas de la cuenca Buturama en Aguachica (Cesar, Colombia). Fase I

## Forest species with high potential for water recovery: Identification of native species in the Buturama watershed in Aguachica (Cesar, Colombia). Phase I

Rossember Saldaña-Escorcía<sup>1</sup>, Rosana Otálvarez Herrera<sup>2</sup>, José Luis Ramos Angarita<sup>3</sup>

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-5290-7072>. Universidad Popular del Cesar, seccional Aguachica, Cesar, Colombia, [rsaldanae@unicesar.edu.co](mailto:rsaldanae@unicesar.edu.co)

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-9710-7896>. Universidad Popular del Cesar, seccional Aguachica, Cesar, Colombia, [rotalvarez@unicesar.edu.co](mailto:rotalvarez@unicesar.edu.co)

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-6486-4252>. Universidad Popular del Cesar, seccional Aguachica, Cesar, Colombia, [joseramos@unicesar.edu.co](mailto:joseramos@unicesar.edu.co)

Fecha de recepción: 05/02/2021 - Fecha de aceptación del artículo: 16/09/2021



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.7162>

Cómo citar: Saldaña Escorcía, R., Otálvarez Herrera, R., & Ramos Angarita, J. L. (2021). Especies forestales con alto potencial para la recuperación hídrica: identificación de especies nativas de la cuenca Buturama en Aguachica (Cesar, Colombia). Fase I. *Avances Investigación En Ingeniería*, 18(2). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.7162>.

## Resumen

El objetivo del estudio fue reconocer las especies forestales con alto potencial para recuperar zonas aledañas a las cuencas hidrográficas, a fin de evaluar cuáles pueden servir en procesos de regeneración natural asistida. Durante el proceso se utilizó una investigación de tipo descriptivo-exploratorio, la cual permitió analizar y caracterizar las variedades forestales en los relictos de bosque seco tropical. Se encontraron en mayor presencia las familias Anacardiaceae, Fabaceae y Moraceae, y especies *Anacardium excelsum*, *Ficus* sp., *Juglans neotropica* y *Bursera simaruba*. Esta clasificación fue vital en el momento de seleccionar los ejemplares con los cuales se iba a trabajar. Con la inspección de la zona de estudio se corroboró y confirmó la alta presencia de *Anacardium excelsum* y *Ficus* sp., especies que se emplearán en la segunda fase, para corroborar su potencial en la recuperación hídrica de la región, ya que proveerá el líquido vital durante más tiempo. Asimismo, se tuvo en cuenta la comercialización de maderas ilegal en la zona, para no cometer errores y evitar crear conflictos socioambientales que puedan agravar la problemática.

**Palabras clave:** bosque seco tropical (bs-T), cuenca, especies, potencial, regeneración.

## Abstract

Recognize the forest species with high potential in the recovery of areas surrounding the watersheds in order to make a preliminary evaluation of these species that could be used in assisted natural regeneration processes. During the development of the process, a descriptive-exploratory type of research was used,

which allowed the analysis and characterization of the forest varieties in the tropical dry forest relicts. The families Anacardiaceae, Fabaceae and Moraceae, and species *Anacardium excelsum*, *Ficus* sp, *Juglans neotropica* and *Bursera simaruba* were found in greater presence, this classification was of vital importance at the moment of selecting the specimens to work with. The inspection of the study area corroborated and confirmed the high presence of *Anacardium excelsum* and *Ficus* sp, species that will be used in the second phase to corroborate whether they have the potential for water recovery of great importance in the region because it will provide vital liquid for longer, also took into account the marketing of illegal timber in the area to avoid making mistakes and create socio-environmental conflicts that could aggravate the problem.

**Keywords:** tropical dry forest (bs-T), watershed, species, potential, regeneration.

## Introducción

Los bosques constituyen uno de los ecosistemas de mayor importancia, porque contienen un alto porcentaje de la biodiversidad del mundo y generan servicios ambientales, económicos, sociales, paisajísticos, entre otros [1]. Además, la relación entre los hábitats naturales y las poblaciones humanas determina el futuro de la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas alrededor del mundo [2]. Sin embargo, las intervenciones a causa de las actividades antrópicas generan efectos nocivos para el medio, entre las cuales están la pérdida de la diversidad biológica, la fragmentación de los hábitats y la alteración de los servicios ecosistémicos [3], [4].

Estos efectos son más notorios en zonas donde la fertilidad de los suelos es alta, como es el caso de los bosques secos tropicales (bs-T), pero ello ha llevado a que cambie el uso del suelo y los vuelve monocultivos, en su mayoría, o pastizales pecuarios [5], [6]. En consecuencia, los servicios de regulación de las zonas boscosas se ven alterados y se genera una pérdida en la capacidad de recuperación y producción de recursos, como el agua, lo cual disminuye los caudales de los efluentes cercanos [7].

Entonces, al lograr fomentar el crecimiento de los árboles para tener un ecosistema con características similares al que existió, también se estabilizan los procesos hidrológicos en una cuenca [8]. Por ende, la presente investigación se desarrolló con el objetivo de identificar las especies forestales dentro de las áreas aledañas a la cuenca hidrográfica Buturama, a fin de evaluar durante la fase dos el potencial de recuperación hídrica en los ejemplares y emplearlos en procesos de restauración o regeneración natural asistida dentro de la zona o en áreas similares al ecosistema estudiado.

De igual manera, el área de estudio durante este proceso presenta algunas limitaciones o restricciones, en cuanto a la propiedad de los terrenos seleccionados, ya que gran parte no son de dominio público. Ello ha afectado en un leve grado el proceso metodológico de la fase uno. Por lo tanto, en la fase dos se determinarán y ejecutarán partes de la metodología primaria, dadas las restricciones del área y se deja planteado todo el proceso que se llevará a cabo en dicha fase hasta tener los permisos correspondientes.

## 1. Fundamentación teórica

Los bs-T se definieron bajo un sistema de clasificación establecido por Holdridge, en 1978. Tal sistema indica que estos son formaciones vegetales que presentan una cobertura continua de

bosques [9]. Se distribuye entre 0 y 1000 metros de altitud y presenta temperaturas superiores a 24°C (piso térmico cálido), y alcanza temperaturas máximas de 38°C. Las precipitaciones son del orden de 700-2000 mm anuales, con uno o dos periodos marcados de sequía al año [10]. Además, este ecosistema posee una relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial que supera la unidad [11].

En el mundo, los bs-T representan más de 1.048.700 km<sup>2</sup>, como lo plantean García-Ávila et al. [12]. Asimismo, los autores comentan que más de la mitad del área (54,2 %) se encuentra en América del Sur, en países como Venezuela, Brasil, Ecuador, Perú, Colombia y Chile. Por otro lado, los bosques son los ecosistemas más amenazados en la región neotrópica, dada la alta fertilidad de sus suelos, lo que incrementa el desarrollo de las comunidades, que los vuelven objeto de una intensa transformación [11].

Actualmente, en Colombia, el bs-T está considerado entre los tres ecosistemas más degradados y fragmentados por la agricultura, por el constante avance de la ganadería y por el urbanismo, a tal punto que solo resta menos del 4 % de su cobertura original [1], [6]. No obstante, se estima que solo quedan cerca del 1,5 %, es decir, 800.000 km<sup>2</sup> de cobertura boscosa original. Esto se debe principalmente a las condiciones topográficas, así como a la riqueza de sus suelos, que ha causado la sustitución de los bosques por zonas agropecuarias extensivas [11].

Por otra parte, las cuencas hidrográficas son unidades dentro de los territorios que están formadas por un área de colecta de agua que se concentra en un afluente principal y que posee recursos naturales empleados para múltiples actividades humanas, como el agua, el suelo y la vegetación [13]. Sin embargo, los recursos vegetales de las cuencas se han sometido a diferentes presiones antrópicas, a través de actividades como la deforestación, la extracción de productos maderables, el pastoreo, la conversión de uso y a incendios forestales, prácticas comunes usadas por la población humana para obtener espacios para desarrollar actividades agrícolas y ganaderas, que son más rentables [14]. Ello implica la pérdida del estado ecológico y la resiliencia que poseen los sistemas forestales naturales [15].

Este es el caso de la cuenca Buturama, donde los asentamientos humanos de medianos y pequeños finqueros, desde décadas atrás, han fragmentado sus ecosistemas y dado lugar a la formación de una serie de complejos de vegetación, que han modificado la función de protección y regulación hídrica que estas cumplen dentro del ciclo hidrológico. Esto se debe a que una de las consecuencias de la deforestación es la disminución de los cuerpos de agua y, con ello, se altera la regulación hídrica de la evapotranspiración, y la provisión de agua dulce se considera uno de los servicios ambientales más importante generados por el ecosistema [16].

Entonces, al reforestar una zona de recarga y orillas de quebradas, se debe tener presente el tipo de especies que se van a utilizar, ya que estas deben seleccionarse en función de su utilidad, establecimiento y su siembra en forma permanente [17].

Los árboles, cuando están circundando fuentes de agua, de cierta manera, aseguran el amortiguamiento vertical y horizontal durante las precipitaciones; pero se debe ser cuidadoso al escogerlos, porque algunas variedades poseen alto valor económico en el área forestal, y se corre el riesgo de tener problemas futuros por el uso de la madera [18].

Además, uno de los principios básicos para la rehabilitación de cuencas se basa en conocer los patrones de sucesión, de manera que se pueda identificar el número de árboles pioneros útiles para poblar áreas abiertas, debido a su rápido crecimiento y a que proveen un microclima favorable para el establecimiento de otra variedad de plantas [19].

Las especies potenciales para la recuperación hídrica de cuencas “son aquellas que por sus características morfológicas en conjunto, cumplen de mejor manera las funciones de captación, retención y regulación de agua, dentro del ciclo hidrológico de una cuenca, contribuyendo a la cantidad y calidad del recurso hídrico en el tiempo” [14].

En último término, la abundancia y la riqueza de las plantas se asocian con la sucesión y los procesos de perturbación que otorgan información sobre la futura regeneración arbórea de la zona. De la misma forma, las plántulas e individuos juveniles de las áreas abiertas y en bosque secundario presentan un patrón de aspectos reproductivos similares a los de las plantas del bosque primario. Ello ofrece seguridad, respecto a que la rehabilitación del paisaje a largo plazo tendrá las mismas características o similitud en las características reproductivas del ecosistema original [20].

## 2. Metodología

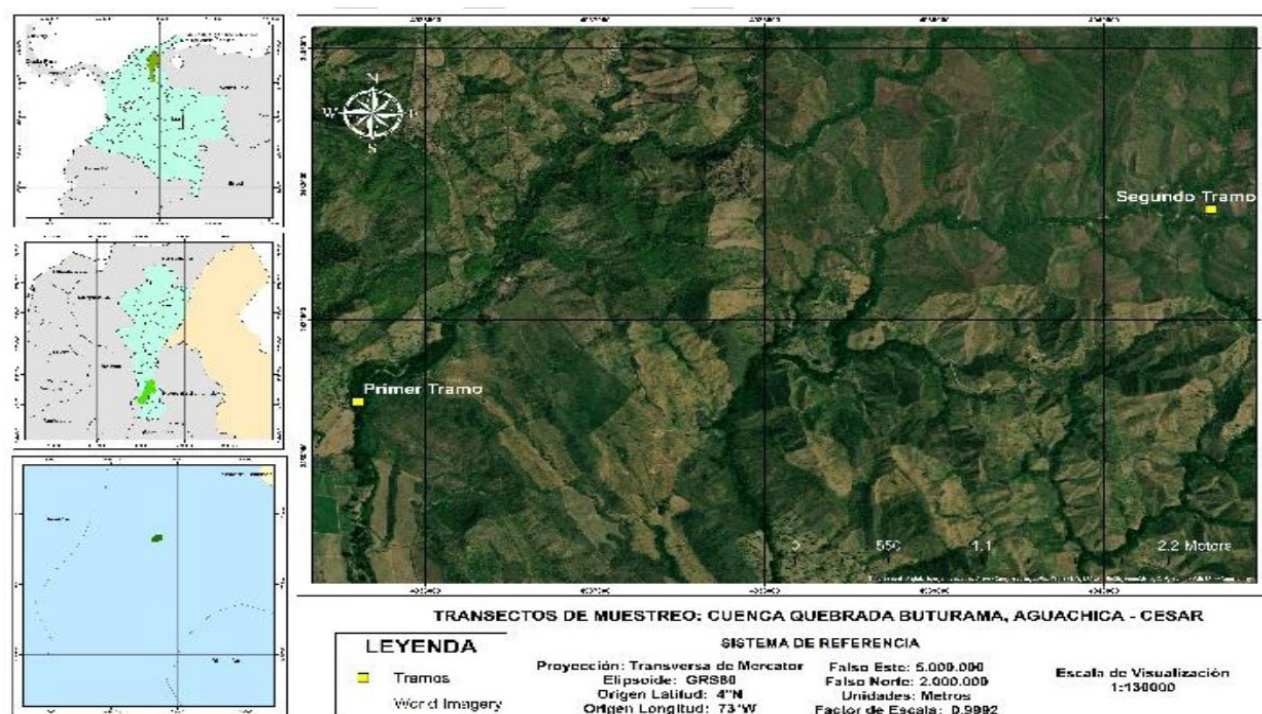
Durante el desarrollo del proceso se utilizó la investigación de tipo descriptivo-exploratorio, que permitió analizar y caracterizar las variedades forestales del bosque nativo, según la observación de sus características taxonómicas y distribución espacial. Por otro lado, la investigación contempla dos fases: en la uno se identificaron ejemplares no maderables; en la dos se seleccionarían aquellas cuyo potencial para la recuperación hídrica sea significativo. Esta segunda fase constó de la determinación del área de estudio, encuestas y entrevistas y desarrollo del método planteado.

### 2.1. Área de estudio

El área de estudio comprende transectos de 4000 m<sup>2</sup>, ubicado en la zona rural del municipio de Aguachica (Cesar, Colombia); más exactamente, en las coordenadas 8°20'49.51" latitud norte, -73°35'6.47" longitud oeste da inicio el primer tramo mientras que a 8°21'35.93" latitud norte y -73°32'21.87" longitud oeste del meridiano de Greenwich da inicio del segundo; en un rango de los 270 a los 285 metros sobre el nivel del mar, como se muestra en la figura 1, los cuales están en cercanías del curso de la cuenca en estudio, con limitación a la vía pública que comunica las veredas y corregimientos con Aguachica.

### 2.2. Método

Por medio de transectos consecutivos, debido a la rapidez con el cual se logra medir y por la mayor heterogeneidad con la que se muestrea la vegetación [21], fueron cuatro transectos a lo largo de la cuenca hídrica en los que se realizó una inspección visual y fotográfica de las especies vegetales del ecosistema, de las cuales, por referentes teóricos, se tenían identificadas las de mayor abundancia. Los registros fotográficos sirvieron para confirmar las características taxonómicas y sistemáticas de la zona. Así mismo, se fundamentó en los métodos inductivo, analítico y sintético.



**Figura 1.** Tramos de estudio  
Fuente: Autores

El método inductivo permitió la formación de hipótesis y se utilizó para sacar las conclusiones de todos los elementos que forman el objeto de investigación, a través de las llamadas demostraciones complejas, que son formas de razonamiento inductivo. Así, se tomaron muestras que poco a poco se fueron articulando hasta lograr el estudio por inducción completa.

El método analítico nos llevó explicar el fenómeno de estudio, iniciando las partes más específicas que lo identifican y a partir de esta llegar a una explicación total del problema. Es decir, nos permitió dar una explicación clara de la importancia de identificar especies forestales, sus causas y efectos de las acciones antrópicas.

El método permitió reunir de forma racional una diversidad de elementos que están dispersos en una nueva generalización o totalidad, y con ello se establece una explicación provisional que fue sometida a verificación. Es decir, los elementos estudiados son cada una de las variables (número de especies e individuos, altura, cobertura, valor de uso y servicios ecosistémicos).

## 2.3. Técnicas

### 2.3.1. Encuestas y entrevistas

Las encuestas y entrevistas se aplicaron a los habitantes de la zona. Esta técnica de la investigación nos permitió conocer los nombres comunes de los ejemplares del sector. Se realizaron preguntas acerca del valor de uso y servicios ecosistémicos que estas prestan, y otras preguntas que enriquecerán el conocimiento teórico para el desarrollo adecuado del proyecto de investigación.



### 2.3.2. Observaciones

La base fundamental del proyecto fue aplicar la observación, ya que a través de esta se tomaron datos en relación con características cuantitativas y cualitativas de las especies en estudio. Para ello se utilizó un libro de campo, donde se evidenciaron todas las características morfológicas posibles del individuo y el hábitat en general.

## 3. Resultados

En la tabla 1 se describen los ejemplares observados por tramos/transectos. Cada uno de los nombres científicos allí expuestos se fundamentaron mediante las colecciones de los herbarios del Jardín Botánico de Bogotá, el Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe de Medellín, el Catálogo Virtual de Flora y Fauna del Valle de Aburra de la Universidad EIA, el Catálogo de Plantas de Colombia de la Universidad Nacional de Colombia, el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, el International Plant Names Index del Royal Botanic Gardens, la Global Biodiversity Information Facility y el New York Botanical Garden.

**Tabla 1.** Especies forestales

Transecto	Cuenca	Familia	Género	Especie	Nombre común
Bocatoma-Yeguerita	Buturama	Cecropiaceae	Cecropia	peltata	Guarumo, yarumo
		Anacardiaceae	Anacardium	excelsum	Caracolí
		Moraceae	Ficus	sp.	Higuerón
		Sterculiaceae	Guazuma	ulmifolia	Guacimo
		Anacardiaceae	Astronium	graveolens	Gusanero
		Leguminosae	Samanea	saman	Campano
Llanos-Boquerón	Buturama	Anacardiaceae	Astronium	graveolens	Gusanero
		Anacardiaceae	Spondias	mombin	Jobo
		Jugladaceae	Juglans	neotropica	Cedro negro
		Cupressaceae	Cupressus	lusitanica	Cedro blanco
		Meliaceae	Cedrela	odorata	Cedro rojo
		Anacardiaceae	Anacardium	excelsum	Caracolí
		Burseraceae	Bursera	simaruba	Resbala monos
		Moraceae	Ficus	sp.	Higuerón
		Sterculiaceae	Guazuma	ulmifolia	Guacimo
		Fagaceae	Quercus	sp.	Roble
		Fabaceae	Chloroleucon	tenuiflorum	Tatané
		Euphorbiaceae	Croton	lechleri	Sangro
		Bombacaceae	Ochroma	pyramidale	Balso
		Cecropiaceae	Cecropia	peltata	Guarumo, yarumo

A partir de la tabla 1 se puede observar una presencia relativa de las familias Anacardiaceae, Fabaceae y Moraceae, junto con las especies *Anacardium excelsum*, *Ficus* sp. y *Juglans neotropica*. Esta clasificación va a ser de mucha importancia en el momento de seleccionar los ejemplares con los cuales se va a trabajar en la siguiente fase del proyecto.

En la fase dos se van a evaluar las estructuras forestales a través de los índices de diversidad de Shannon y similitud de Sorensen, y los parámetros estructurales de la vegetación: densidad relativa, dominancia relativa, frecuencia relativa e índice valor importancia, propuestas por Aguirre (2015), citado en [15]. Asimismo, se espera la extracción de las especies seleccionadas y la producción de estas en condiciones estandarizadas y automatizadas en vivero o invernadero.

## Conclusiones

Luego de inspeccionar la zona de estudio, se corroboró y confirmó la presencia de los ejemplares preseleccionados mediante referentes teóricos y bibliográficos. Especies como *Anacardium excelsum* y *Ficus* sp. fueron establecidas como las relevantes para reproducir en la siguiente fase. Estas determinaciones se dieron, gracias al conocimiento de los tramos de estudio y las variables bióticas y abióticas del ambiente.

Hasta esta fase del proceso investigativo se podría concluir con la preselección del recurso forestal, la determinación de las zonas de estudio y la descripción de parámetros (como altura, diámetro y distribución espacial), que servirán como base para la ejecución de la segunda etapa y el avance de este proyecto.

Los relictos de bs-T se encuentran en un estado frágil, debido a las actividades antrópicas, entre las cuales están la agricultura, la ganadería, la deforestación y la exploración minera, presentes en las áreas de estudio. Asimismo, la zona de reserva se encuentra en riesgo, según la Ley 2.<sup>a</sup> de 1959, la cual pertenece al valle del río Magdalena. Por otro lado, con la implementación de la investigación, es posible establecer diversas áreas para el manejo de la restauración ecológica que minimicen las condiciones negativas en la zona y que beneficien los ecosistemas en general.

La importancia de estos relictos es muy alta, ya que prestan servicios ecosistémicos, como la recarga hídrica de la quebrada Buturama, la fuente de abastecimiento de agua para consumo posterior al tratamiento de potabilización. Entonces, el identificar las especies que poseen potencial para la recuperación hídrica, será de gran relevancia en la región, pues con ello se proveerá el líquido vital por más tiempo. Asimismo, se tuvo en cuenta la comercialización ilegal de maderas en la zona, para no cometer errores y crear conflictos socioambientales que puedan agravar la problemática.

En la fase uno se preseleccionaron las especies de mayor presencia en la zona de estudio que servirán para reproducirlas en invernadero/viveros automatizados. Esta es la proyección final del proyecto de investigación: establecer las condiciones de crecimiento requeridas para la germinación de ejemplares y producción de semillas nativas de bs-T que serán una solución oportuna. Dichos bancos son escasos en la región y podrán ser utilizados en la ejecución de proyectos de regeneración natural asistida en cuencas u otras áreas de interés, porque son efectivas contra la lucha de la deforestación en los bosques y brindan una mayor protección a las cuencas hidrográficas que estos manejan.

## Referencias

- [1] M. F. Gómez et al., "El bosque seco tropical en Colombia", en *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016, pp. 21-22.
- [2] L. Hannah, J. L. Carr y A. Lankerani, "Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set", *Biodivers. Conserv.*, vol. 4, n.º 2, pp. 128-155, 1995, <https://doi.org/10.1007/BF00137781>
- [3] D. Olascuaga-Vargas, J. Mercado-Gómez y L. R. Sanchez-Montaño, "Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical en tolúviejo-sucre (Colombia)", *Colomb. For.*, vol. 19, n.º 1, pp. 23-40, 2016, <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.1.a02>
- [4] A. M. Torres, J. B. Adarve, M. Cárdenas, J. A. Vargas, V. Londoño, K. Rivera, J. Home y O. L. Duque, "Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia", *Biota Colomb.*, vol. 13, n.º 2, pp. 67-85, 2012 [en línea]. Disponible: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/263>
- [5] D. P. Alvarado Solano y J. T. Otero Ospina, "Áreas naturales de bosque seco tropical en el Valle del Cauca, Colombia: una oportunidad para la restauración", *Biota Colomb.*, vol. 18, n.º 1, pp. 9-34, 2017, <https://doi.org/10.21068/c2017v18s01a01>
- [6] F. Herazo Vitola, J. Mercado Gómez y H. Mendoza Cifuentes, "Estructura y composición florística del bosque seco tropical en los Montes de María (Sucre-Colombia)", *Cienc. Desarro.*, vol. 8, n.º 1, pp. 71-82, 2017 [en línea]. Disponible: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_en\\_desarrollo/article/view/5912/pdf](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/5912/pdf)
- [7] J. A. Blanco, "Bosques, suelo, agua y sus interacciones", *Ecosistemas*, vol. 26, n.º 2, pp. 1-9, 2017, <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-2.01>
- [8] R. Kómetter Mogrovejo y V. Gálmez Márquez, "La restauración de bosques andinos y sus vínculos con el agua Orientaciones para una comunidad campesina de Apurímac", *Bosque Andin.*, pp. 1-23, 2017 [en línea]. Disponible: <http://www.bosquesandinos.org/wp-content/uploads/2017/08/Art%C3%ADculo-06-PBA-web.pdf>
- [9] L. R. Holdridge, *Ecología basada en zonas de vida*, 5.ª ed. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2000.
- [10] P. G. Murphy y A. E. Lugo, "Ecology of tropical dry forest", *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 17, pp. 67-88, 1986.
- [11] A. Yepes y J. Villa, "Sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica en un fragmento de bosque seco tropical (La Pintada, Antioquia)", *Rev. Lasallista Investig.*, vol. 7, n.º 2, pp. 24-34, 2010 [en línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5780898>
- [12] E. L. García-Ávila, O. F. Mero-Jalca, S. I. Castro-Ponce y J. E. García-García, "Caracterización de especies arbóreas para la conservación forestal en la comunidad rural de Chade", *Polo Conoc.*, vol. 4, n.º 7, p. 32, 2019, <https://doi.org/10.23857/pc.v4i7.1020>
- [13] O. Parra, "Gestión integrada de cuencas hidrográficas", Centro de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile, 2009.
- [14] J. Armijos Barros y A. Lima Ramírez, "Monitoreo de la regeneración natural de zonas alteradas, identificación de especies forestales potenciales para recuperación hídrica en la microcuenca Jipiro, cantón Loja", tesis de grado, Univ. Nal. Loja, Lima, Perú, 2011. [En línea]. Disponible: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5354>
- [15] A. Lima Ramírez, J. Armijos, N. Jaramillo y J. Peña, "Regeneración natural en zonas alteradas e identificación de especies forestales potenciales para recuperación hídrica en la microcuenca del río Jipiro, Loja, Ecuador", *Bosques Latid. Cero*, vol. 8, n.º 2, pp. 51-63, 2018.
- [16] R. Aguilera Peña y A. Jalón de Torbay, "Reforestación con especies forestales nativas para la conservación", *Desarro. Local Sosten.*, vol. 11, n.º 32, 2018 [en línea]. Disponible: <https://www.eumed.net/rev/delos/32/roberto.html>
- [17] C. Murcia y M. R. Guariguata, *La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades*. Bogor, Indonesia: CIFOR, 2014. <https://doi.org/10.17528/cifor/004519>



- [18] J. F. Alvis, "Structural analysis of a natural forest area located in the rural municipality of Popayán", *Biotechnol. Sector Agropec. Agroindust.*, vol. 7, n.º 1, pp. 115-122, 2009.
- [19] M. Y. Vásquez Valderrama y J. Solorza-Berjano, "Agrupación funcional de especies vegetales para la restauración ecológica de ecosistemas de montaña, Bogotá, Colombia", *Colomb. For.*, vol. 21, n.º 1, p. 5, 2017, <https://doi.org/10.14483/2256201X.11730>
- [20] R. L. Chazdon, S. Careaga, C. Webb y O. Vargas, "Community and phylogenetic structure of reproductive traits of woody species in wet tropical forests", *Ecol. Monogr.*, vol. 73, n.º 3, pp. 331-348, 2003, <https://doi.org/10.1890/02-4037>
- [21] Z. Aguirre Mendoza, B. Reyes Jiménez, W. Quizphpe Coronel y A. Cabrera, "Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador", *Arnaldoa*, vol. 24, n.º 2, pp. 543-556, 2017, <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24207>