

CAPÍTULO

4

Caracterización de servicios ecosistémicos de la *Guadua angustifolia* Kunth en la cuenca baja del río Guarapas en Pitalito, Huila

María de los Ángeles Noriega Ome

Oscar Eduardo Valbuena Calderón

Caracterización de servicios ecosistémicos de la *Guadua angustifolia* Kunth en la cuenca baja del río Guarapas en Pitalito, Huila

María de los Ángeles Noriega Ome

Ingeniera Ambiental, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Pitalito, Huila Colombia. Correo: angelesamor8noriega@gmail.com

Oscar Eduardo Valbuena Calderón

Magíster en Sistemas Sostenibles de Producción, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Pitalito, Huila, Colombia. Correo: oscar.valbuena@unad.edu.co

Resumen

La expansión del área urbana dentro del municipio de Pitalito, Huila, así como de las actividades económicas a nivel comercial e industrial que esta involucra, genera una continua pérdida de la biodiversidad en la cuenca baja del río Guarapas, disminuyendo así los servicios que de manera natural son ofertados por las diferentes especies que ahí habitan. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar los servicios ecosistémicos de la *Guadua angustifolia* Kunth debido a que son fundamentales para el desarrollo y sostenimiento de esta ecorregión pues incluyen servicios de aprovisionamiento como alimentos y agua, madera; servicios de soporte como formación de suelos y reciclaje de nutrientes; servicios culturales recreativos y espirituales; servicios de regulación como hábitat para polinizadores, retención de sedimentos, regulación hídrica y almacenamiento de carbono. Se presentó la distribución de los rodales de *G. angustifolia* en la parte baja de la cuenca del río Guarapas de Pitalito, Huila, determinando la oferta de servicios ecosistémicos que ahí se generan, con énfasis en su importancia para la región, obteniendo inventario de su estado actual. Además, se utilizó la metodología de análisis multicriterio (MCA) que tuvo como información base las encuestas realizadas a 25 expertos. Se realizó jerarquización y calificación a cada servicio ecosistémico ofrecido por la *G. angustifolia*, encontrando un conjunto mínimo que puede ser utilizado para la toma de decisiones sobre los eventos de manejo, conservación y aprovechamiento sostenible de esta especie dentro de la cuenca baja del río Guarapas.

Introducción

El sur del departamento del Huila presenta pérdida y amenaza de la diversidad biológica, generadas por la ampliación de la frontera agropecuaria que impacta en el uso y cobertura del suelo y que ha presionado las coberturas protectoras de las áreas de nacimientos y de recarga hídrica en razón de un 1,93%, tasa calculada para la cuenca del río Guarapas entre los años 1989 y 2009 (CAM, 2009). Los principales aspectos que generan un impacto negativo mediante el desequilibrio y conflictos del uso de los recursos naturales con especial énfasis en el suelo, agua y bosque, están relacionados con la utilización de maderas para tutorados, actividad que registra un consumo del orden de los $948\ 840\ \text{m}^3\ \text{año}^{-1}$ para todo el departamento, el desbalance de la oferta del recurso hídrico, la alteración de caudales de sus fuentes, los vertimientos de aguas residuales y sedimentos producto de desarrollos especializados de producción, además de los generados por los procesos erosivos antrópicos; los cuales en menos de siete años ha llevado casi a la extinción de las coberturas boscosas protectoras (IDEAM, 2016).

El 60% del área de la cuenca del río Guarapas posee vocación para el desarrollo de actividades de conservación; por tal razón, la cobertura y el uso adecuado para dichas zonas ha de ser de tipo forestal protector o protector productor; sin embargo, el aprovechamiento intensivo ha llevado a que el área de bosques naturales pase de 20 803 hectáreas en el año 2002 a 15 300 hectáreas en el año 2009, es decir que anualmente se perdieron 775 hectáreas de bosques en la cuenca. Pese a todos los procesos de intervención y degradación de las masas boscosas, la cuenca del río Guarapas conserva aún ecosistemas estratégicos de alta importancia (CAM, 2009).

La guadua, una de las especies consideradas como protectora productora, está experimentando, al igual que otras especies, un aprovechamiento no tecnificado por parte de los productores; eso sumado a la falta de legislación territorial que lleve a lograr el manejo sostenible de los mismos, en donde se detalle el procedimiento que deben seguir los propietarios y aprovechadores para obtener los

permisos de aprovechamiento forestal de la autoridad ambiental. Esta situación aumenta el índice de deforestación de la cuenca, la pérdida de esta importante especie y la tasa de erosión; existe disminución y desequilibrio de caudales y coadyuva a la pérdida de la diversidad biológica (Méndez Pedroza, 2015). Además, existe una reducción en la oferta servicios ecosistémicos generados por la *G. angustifolia* Kunth que Ochoa et al. (2017) clasifican como de provisión y regulación pues mantienen en este caso la dinámica de vida dentro de la cuenca baja de río Guarapas en Pitalito.

Por tal razón, se hace necesario disminuir la pérdida de biodiversidad debido a que esta cumple con fundamentos de gran importancia tanto para el ambiente como para las personas y los bienes y servicios ecosistémicos de provisión, que son proporcionados por los rodales de guadua como alimento para aves, mamíferos y reptiles, agua, combustible, fibras, recursos genéticos e incluso medicinas naturales. Adicionalmente, los servicios de regulación ecosistémica influyen sobre la calidad del aire, la regulación de clima, la regulación del agua, la purificación de agua, el control de erosión del suelo, el control biológico y la mitigación de riesgo. Por último, los servicios de soporte ofrecen la producción primaria, la formación del suelo, la producción de oxígeno, la retención de suelos, la producción de oxígeno, la polinización, la provisión de hábitat, el reciclaje de nutrientes etc.

Teniendo en cuenta que la guadua se considera una de las especies protectora productora y que ocupa un espacio importante, no medido, del área de la cuenca baja del río Guarapas (Méndez Pedroza, 2015), que realiza aportes al medio biofísico, como elementos integrales de la construcción de viviendas, aporte al suelo entre 2 y 4 ton ha⁻¹ año⁻¹ de biomasa, que constituye entre el 10 y el 14% de la totalidad de material vegetal que se genera en un gradual y que es importante ya que contribuye a enriquecer y mejorar la textura y estructura del suelo (Giraldo, 2009), que además realiza importantes funciones en el ecosistema como son la regulación de caudales, la disminución de la erosión, la retención de sedimentos y la conexión del paisaje (Ochoa et al., 2017), es fundamental conocer el estado actual de los rodales de guadua dentro de esta cuenca, de manera que puedan ser gestionados como unidad de referencia para la planeación de actividades de desarrollo equilibrado con el medio natural.

Los guaduales propician la existencia y sostenibilidad de flora, microflora, entomofauna y fauna, característica de las sociedades vegetales altamente desarro-

lladas y evolucionadas que toleran una amplia interrelación entre los diferentes componentes del sistema. El ambiente y en especial en el suelo los rizomas y hojas en descomposición conforman símiles de esponjas, evitando que el agua fluya de manera rápida y continua, con lo cual se propicia la regulación de los caudales y la protección del suelo a la erosión (Giraldo, 2009).

El sistema entretrejido de rizomas y raicillas origina una malla que les permite comportarse como eficientes muros biológicos de contención que controlan la socavación lateral y amarran fuertemente el suelo, previniendo la erosión y haciendo de la guadua una especie con función protectora, especial para ser usada en suelos de ladera de las cuencas. Además, entre los aportes más valiosos de este ecosistema se debe mencionar su comportamiento como bomba de almacenamiento de agua cuyo funcionamiento es el principio de “vasos comunicantes”, que en épocas húmedas absorbe importantes volúmenes de agua que almacena en las cavidades porosas del suelo, (muy abundantes, por cierto), en su sistema rizomático y en los entrenudos del tallo. Se ha determinado que una hectárea de guadua puede almacenar hasta 30 000 litros de agua, es decir, agua para abastecer hasta 150 personas por día (Giraldo, 2009).

Actualmente la región posee el diagnóstico de guaduales que ha permitido identificar los actores sociales y la estructura interna que define la cantidad y calidad de la guadua en su estado natural y así formular la propuesta de un modelo de ordenamiento forestal sostenible productivo para el manejo e industrialización de la guadua, con participación comunitaria. Según Méndez Pedroza (2015) el inventario de los rodales de guadua en la cuenca tiene un área total estimada de 418,6 hectáreas, según el inventario realizado y su análisis estadístico; de ahí se puede deducir que existen alrededor de setecientas mil unidades de guadua distribuidas de la siguiente manera: renuevos o rebrotes aproximadamente el 13,3%, guadua verde alrededor del 31,4%, guadua madura en torno al 50,4% y guadua sobremadura cerca del 4,9%.

Sin embargo, en el área de influencia de este proyecto solamente se han realizado estudios que permiten conocer aspectos productivos de la guadua, correspondiendo este tan solo a una de las dimensiones que un bien natural aporta al ecosistema; por tal motivo se hizo necesario caracterizar los servicios ecosistémicos de *G. angustifolia* en la cuenca baja del río Guarapas del municipio de Pitalito, Huila, por medio de calificación, jerarquización y categorización con el

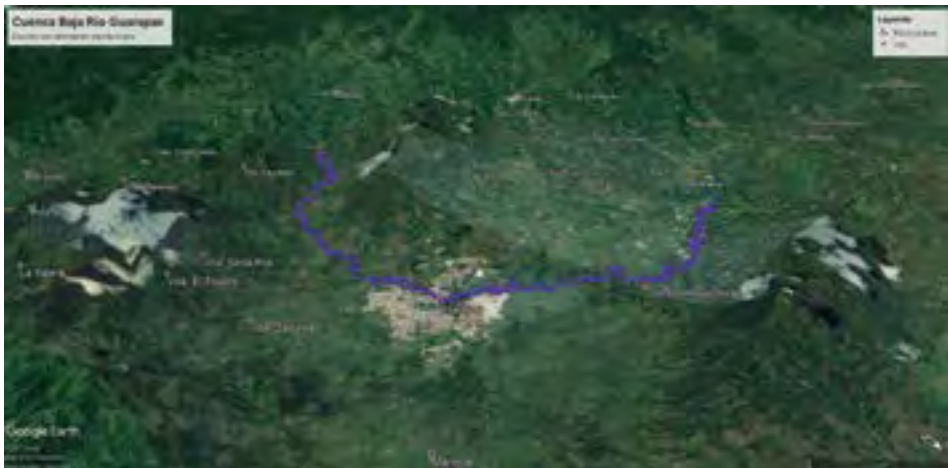
fin de dar a conocer los servicios que nos ofrece esta especie ante su importancia para la toma de decisiones y para que se presenten más enfoques donde se le dé un manejo adecuado que permita un ámbito sostenible.

Metodología

Localización del estudio

De acuerdo con la CAM (2009) la caracterización biofísica de la cuenca hidrográfica del río Guarapas presenta las siguientes condiciones: temperatura media de 20,2 °C y régimen monomodal que varía de 21 °C a 12 °C de acuerdo con el coeficiente de altura, humedad relativa promedio del 84%, nubosidad aproximada de 6 octas durante todo el año, evaporación media de 90,4 mm, valor medio de brillo solar de 120,9 horas y precipitación que varía entre 1300 mm y 2100 mm anuales con una media de 1716,85 mm año⁻¹.

Figura 1. Ubicación área de estudio



Fuente: Google Earth, modificado por los autores

Dentro del área de estudio se presentan suelos con capacidades de uso clase II y clase III, según método USDA, y se encuentra en la zona de vida bosque húmedo premontano según la clasificación de Holdrige. Adicionalmente se encuentran coberturas compuestas por áreas de uso agrícola, áreas de uso pecuario y rastrojos con bosque secundario asociados a guadua (CAM, 2009).

Fases de estudio

Siguiendo la metodología desarrollada por Rincón-Ruíz et al. (2014), se realizó una identificación, categorización, jerarquización y calificación de los servicios ecosistémicos hallados a partir de la consulta a expertos productores, concededores y académicos e investigadores de guadua en la región, en donde se muestran las siguientes etapas.

Primera fase. Recolección de información secundaria

Se realizó consulta bibliográfica sobre el inventario de guadua en la región sur de Pitalito, Huila, especialmente en la parte baja del río Guarapas, basada en el estudio de Méndez Pedroza (2015); se consultaron bases de datos de plataformas relacionadas con el cultivo o bosques naturales de guadua a nivel nacional e internacional tales como SIGGUADUA e INBAR (International Network for Bamboo and Ratan); Kleinn y Morales-Hidalgo (2006), quienes generaron un inventario de la *G. angustifolia* en la región cafetera de Colombia; Muñoz et al. (2010), quienes desarrollaron investigación sobre la diversidad y estructura genética de la *G. angustifolia* en la ecorregión cafetera Colombiana; Camargo et al. (2010), quienes publicaron un artículo sobre el manejo sostenible de los bosques de guadua bambú en Colombia; Camargo et al. (2010), quienes plasmaron ideas sobre la planeación de los guaduales sobre las fuentes hídricas y calidades de los culmos de guadua; Ospina y Finegan (2004), quienes publicaron sobre la diversidad florística de la *G. angustifolia* en el Eje Cafetero y Fonseca y Rojas (2016), quienes empezaron el trabajo con captura de carbono de la guadua en Costa Rica.

Segunda fase. Recolección de información primaria

Inventario de *G. angustifolia*

Para la determinación de rodales que se iban a caracterizar se realizó un muestreo no probabilístico, el cual, según Ander-Egg (1995), no está basado en una técnica matemática estadística sino que depende del juicio o experiencias del investigador; para el caso de este estudio se tomó como base la caracterización previa de rodales establecida en estudios de Méndez Pedroza (2015), la cual cuenta con una base de datos de las áreas de rodales de guadua y la cantidad de productores dentro de la cuenca del río Guarapas. Se tomaron 25 rodales como

referencia sobre la cuenca baja, teniendo en cuenta la distribución actual de los rodales y su posición respecto a las características fisiográficas de la zona; estos, como requisito de localización, debieron estar ubicados en la zona de ronda de la fuente hídrica objeto de este estudio o de sus afluentes.

También se realizó un muestreo por parcelas al azar mediante transectos o parcelas demarcadas y referenciadas geográficamente, no fijas, las cuales ofrecen información cuantitativa útil para medir y valorar económicamente los recursos del bosque (Vallejo et al., 2005).

Se tuvieron en cuenta las consideraciones anteriores en cada uno de los rodales para determinar las características de oferta y el estado de madurez de los culmos, de manera que se pudiera establecer la relación con las características del suelo a nivel de índices, teniendo como objetivo la producción de guadua. La toma de datos se realizó mediante técnicas *in situ* y *ex situ*, directas e indirectas, de acuerdo con los métodos especificados para cada variable; para ello se realizó muestreo durante un periodo de tiempo no superior a 30 días, de manera que se garantizó un periodo homogéneo respecto a las condiciones climáticas en función del tiempo como se evidencia en la figura 2.

Figura 2. Toma de datos mediante técnicas *in situ* y *ex situ*



Fuente: elaboración propia

La herramienta QGIS, versión 2.18.12 (Team, 2018), fue implementada para la generación de mapas con la ubicación de los rodales muestreados, lo cual permitió consignar en tablas de atributos la información consolidada respecto al inventario. Se muestrearon 25 rodales cerca de la fuente hídrica y se utilizaron como límites del estudio que se desarrollaran dentro del área de influencia de su zona protectora, en el municipio de Pitalito, veredas Macal, Chillurco, La Honda, Maco y Palmarito; se muestrearon algunos rodales cerca de Biorgánicos del Sur y la CAM, como se muestra en las figuras 3 y 4.

Figura 3. Zonas de muestreo por parcelas



Fuente: elaboración propia-Qgis

Figura 4. Zonas de muestreo tridimensional



Fuente: elaboración propia-Google Earth

Categorización de los servicios ecosistémicos

Con el fin de priorizar los servicios ecosistémicos de la *G. angustifolia* se utilizaron complejos criterios múltiples que incluyen aspectos cualitativos o cuantitativos del problema en una toma de procesos de decisiones (Mendoza et al., 1999; Palacios, 2012); a su vez, con el ánimo de recolectar información primaria, se realizó una consulta con los principales actores institucionales evidenciados en la cadena productiva de la región como fueron la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, la Corporación Centro Provincial de Gestión Agroempresarial – AGROSUR, la Fundación Reverdecer Laboyano, la Fundación Alto Yuma, la Corporación Mashiramo, la Alcaldía Municipal de Pitalito y los parques nacionales naturales, de los cuales se seleccionó un panel de 25 expertos para conducir entrevistas que permitieran identificar y recolectar la información básica respecto a los servicios ecosistémicos que ofrece la guadua en la cuenca baja del río Guarapas en el municipio de Pitalito, Huila.

Paralelamente se diseñó una encuesta y se categorizó para tener en cuenta el valor de importancia de cada servicio ecosistémico; una vez construido este instrumento, se realizaron las entrevistas presenciales a los expertos en el tema (Muñoz et al., 2017), donde se plantearon los servicios ecosistémicos que fueron clasificados respectivamente en ecológicos, sociales y económicos. A su vez se ordenó dicha información en una base de datos en el programa MS Office Excel,

la cual fue presentada a todos los expertos. Seguidamente en el mismo taller se solicitó nuevamente que identificaran los servicios ecosistémicos que podrían faltar y que de ellos realizaran una valoración teniendo en cuenta las observaciones, si adicionaban.

Aplicación de metodología de análisis multicriterio para consulta a expertos

La jerarquización

Como se aprecia en la tabla 1, se asignó a cada elemento de decisión (servicio ecosistémico) un rango de 1 a 5, modificado de Mendoza et al. (1999), que refleja el grado de importancia percibido, mediante una clasificación que puede darse de dos formas: ordinal y regular. En este se utilizó la regular, en la cual cada uno de los encuestados tiene la oportunidad de calificar según su experiencia, utilizando la descripción de cada valor.

Tabla 1. Instrumento para entrevista a expertos

ESCALA DE GRADO DE IMPORTANCIA DE LA JERARQUIZACIÓN REGULAR		
ESCALA GRADO DE IMPORTANCIA	VALOR	DESCRIPCIÓN
Débilmente importante	1	Se refiere a que alguno de los servicios evaluados por los actores no tiene relevancia y se considera que su función dentro del bosque de guadua no es destacada ni afecta positiva o negativamente el entorno.
Menos importante	2	El servicio ecosistémico evaluado, aunque cumple una función, no presenta un mayor impacto positivo significativo.
Moderadamente importante	3	El servicio evaluado cumple una función con una importancia moderada dentro del bosque.
Muy importante	4	El servicio es considerado de gran importancia por las funciones preponderantes que desempeña.
Extremadamente importante	5	Cuando el servicio evaluado es indispensable para el funcionamiento del ecosistema.

Fuente: adaptada de Muñoz et al., 2017

La calificación

Se tomó de 0 a 100 (%) para el total de los servicios ecosistémicos ofertados por la *G. angustifolia* y, previamente jerarquizados, se presentaron a los 25 expertos, quienes a su vez asignaron un valor teniendo en cuenta la diferencia que existe entre cada servicio y su magnitud respecto a la importancia que puede tener sobre otro; es decir que con la calificación se tienen en cuenta aspectos fundamentales de cada uno de los servicios con el fin de tener un criterio de valoración y asignar su porcentaje (Mendoza et al., 1999).

Cálculos de jerarquización y calificación

Para obtener la jerarquización y la calificación se sumaron todos los datos de cada servicio ecosistémico ofrecido por la guadua, obteniendo un total por cada uno de ellos; para obtener el peso relativo se calculó cada técnica dividiendo su peso real entre el total de todos los pesos reales y multiplicándolos por 100. Además, se calculó el peso combinado promediando los pesos relativos calculados por las técnicas de clasificación y calificación, lo cual fue presentado con un valor final para la priorización planteada.

Resultados y discusión

Inventario de guadua

Como se muestra en la tabla 2, se obtuvo el inventario de guadua en la cuenca baja del río Guarapas a partir del muestreo de 25 rodales en estado natural, ubicados dentro de los límites de la margen protectora de la fuente hídrica.

Tabla 2. Inventario de guadua cuenca baja del río Guarapas

NOM-BRE DEL RODAL	ÁREA (ha)	Verde	Madura	Sobremadura	Cortada	Rebrote
1	0.9496	70	205	162	134	95
2	1.1956	108	159	311	64	93
3	1.6470	114	197	268	211	158
4	1.3832	71	74	169	139	48

5	1.4670	91	97	247	82	69
6	0.5524	129	117		0	83
7	2.9281	194	235	242	0	129
8	0.8295	119	145	300	0	109
9	0.226	262	93	107	0	93
10	0.6602	154	111	481	0	132
11	0.3212	129	128	245	0	106
12	0.9648	110	62	289	70	87
13	0.7129	49	35	101	84	64
14	0.8343	49	28	64	61	39
15	5.2753	71	60	301	19	65
16	1.1447	45	32	104	96	58
17	0.4975	65	56	46	4	21
18	0.3333	76	75	52	5	37
19	0.6015	158	140	236	65	112
20	0.5502	95	102	135	23	28
21	0.3884	74	117	68	17	16
22	2.3586	146	104	147	113	23
23	0.4693	13	16	25	17	11
24	2.2102	258	250	25		100
25	2.8169	175	225	34		71

Fuente: elaboración propia

Como lo indica la tabla 3, la mayor representación la tuvo la guadua sobremadura con el 34,7%, luego madura con el 21,4%, verde con el 21,1%, rebrotes el 13,8% y cortada el 9 %. En cada uno de los casos se realizó en la misma tabla una comparación con datos obtenidos por Méndez Pedroza (2015) con el fin de tener un punto de referencia sobre la información medida. Sin embargo, solamente se encontró coincidencia en el porcentaje de rebrotes en la composición, mientras que las demás variables no corresponden a un comportamiento similar.

Tabla 3. Comparación de resultados de composición de los rodales de guadua (%)

Variable	Inventario Méndez (2015)	Inventario autor
Guadua Verde	31,4%	21,1%
Guadua Madura	50,4%	21,4%
Guadua Sobre-madura	4,9 %	34,7%
Guadua Cortada	-	9%
Rebrotos	13, 3%	13,8%

Fuente: elaboración propia

De los 25 rodales caracterizados se obtuvieron diferencias en la composición de estos al momento de comparar con los resultados del estudio de Méndez Pedroza (2015); esto pudo haberse presentado debido a que este último tomó como base toda la cuenca mientras que el estudio actual se enfocó en la parte baja de la cuenca. Además, el hecho de medir en una época distinta puede mostrar una variación en el comportamiento debido a aprovechamientos o nuevos estilos de manejo, los cuales en definitiva no hacen parte de este estudio. También se debe aclarar que se tuvieron en cuenta los rodales que se encuentran sobre las zonas protectoras del río Guarapas y algunos de sus efluentes, debido a que fue uno de los criterios que se utilizó como límites del mismo.

De acuerdo con los resultados de composición del inventario obtenido en este estudio, se realizó un análisis con otros autores en Colombia como Londoño (2011) y la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2009). Respecto a la guadua verde en la zona del sur del Huila está por encima de los dos planteamientos de los autores, pero donde se observa un gran incremento es en la guadua madura, que significa el potencial de la guadua para ser aprovechada como recurso económico y en la sobremadura, que se encuentra más alta aun, según los ideales de los autores, lo cual obedece principalmente a la falta de mantenimiento de los rodales de guadua.

Sin embargo con la información obtenida anteriormente en algunos referentes

como Joaquí Ortega y Villarreal Artunduaga (2014) en temas relacionados con el bambú guadua, estos indican que en esta zona es notorio que gran mayoría de hectáreas cubiertas con guadua no son aprovechadas por lo que se pierde la oportunidad de generar nuevos ingresos y se condena esta especie maderable a la extinción por el no aprovechamiento adecuado, lo que ocasiona un deterioro irreversible en la plantación.

Categorización de servicios ecosistémicos

A partir de la consulta secundaria de MEA (2005), Rincón-Ruíz et al. (2014), Giraldo (2009), Vélez (2018), Ochoa et al. (2017), FAO (2018) y Chará et al. (2010), los principales servicios ecosistémicos que ofrece la guadua para aplicar a la metodología de categorización se pueden agrupar en los tipos de beneficio que presentan: ecológicos, sociales y económicos (tabla 4).

Tabla 4. Clasificación de servicios ecosistémicos de acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio

Beneficios ecológicos
H: Regulación de hábitat (diversidad de hábitat para la reproducción de especies residentes (refugio permanente) y migratorias (refugio temporal))
RC: Regulación climática (regulación de la temperatura y humedad; sumideros de carbono)
RH: Regulación del ciclo hidrológico (almacenamiento, circulación y descarga a cuerpos de agua superficiales y subterráneos; protección y mitigación contra inundaciones y sequías; filtro de contaminantes; purificación del agua)
RE: Regulación de control de la erosión y retención de sedimentos (control de la pérdida de suelo, protección del suelo contra procesos erosivos)
RN: Regulación de nutrientes (almacenamiento y reciclaje de nutrientes; procesamiento de nutrientes; equilibrios geoquímicos, biogeoquímicos)
RP: Regulación de polinización (provisión de polinizadores para la reproducción de especies)
Beneficios sociales

SC: Servicios culturales de recreación, deportes y ecoturismo (variedad de paisajes con oportunidades para el desarrollo de actividades recreacionales, ecoturísticas y deportivas)
SBE: Servicios culturales de belleza escénica (oportunidad para la satisfacción del espíritu a través de los atributos del paisaje)
SIA: Servicios culturales de Inspiración artística y cultural (fuente de inspiración para la producción artística y cultural (poemas, canciones, mitos, leyendas, cuentos)
SI: Servicios culturales de investigación (espacios para realizar estudios de carácter científico)
SE: Servicios culturales de educación (espacios para la enseñanza y el aprendizaje)
SP: Servicios culturales de patrimonio cultural (lugares ocupados históricamente por pobladores que dejaron un legado cultural)
Beneficios económicos
SPM: Provisión de productos forestales maderables (piezas de guadua rolliza y esterilla preservada y sin preservar, piezas de otro tipo de maderas, producción de celulosa, materia prima para papel)
SNOM: Provisión de productos forestales no maderables (forrajes, fibras, artesanías, semillas forestales con fines de propagación, abonos y fertilizantes, colorantes, tinturas y resinas)
PA: provisión de agua (agua potable, agua para riego, agua para procesos industriales)
PG: Provisión de recursos genéticos (información genética de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo que contenga información hereditaria, como por ejemplo plantas medicinales, cultivos agrícolas y razas de animales)
SS: Soporte de formación de suelo (procesos de alteración del material geológico para la formación de suelo)
SN: Soporte de reciclaje de nutrientes (recuperación de nutrientes disponibles para los bosques)

SB: Soporte de producción primaria (generación de biomasa)

PO: Provisión de recursos ornamentales (flores, follajes, musgos y otras plantas que por su singularidad o estética poseen atributos decorativos y ornamentales)

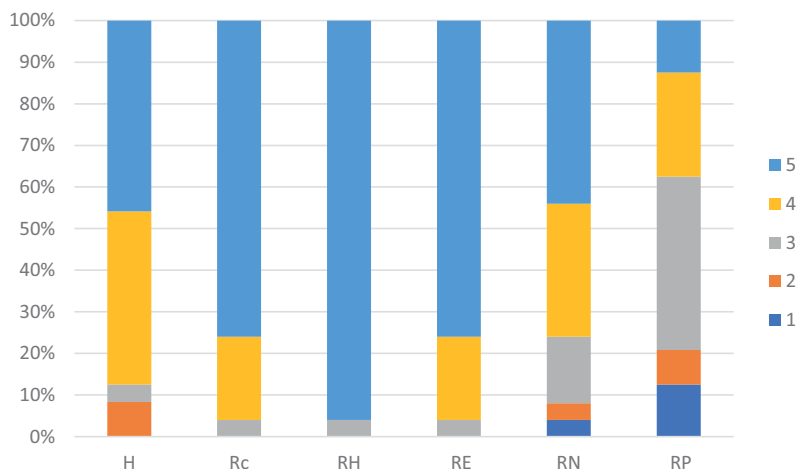
Fuente: adaptado de Muñoz et al., 2017

Análisis multicriterio (MCA)

Jerarquización de los SE

De acuerdo con la entrevista realizada a los 25 expertos, se asignó una valoración de 1 a 5 según el grado de importancia, de manera que se priorizaron los SE, categorizándolos a partir de cada una de las funciones que ofrecen, haciendo énfasis en los 3 grupos definidos.

Figura 5. Resultado de servicios ecosistémicos ecológicos



Fuente: elaboración propia

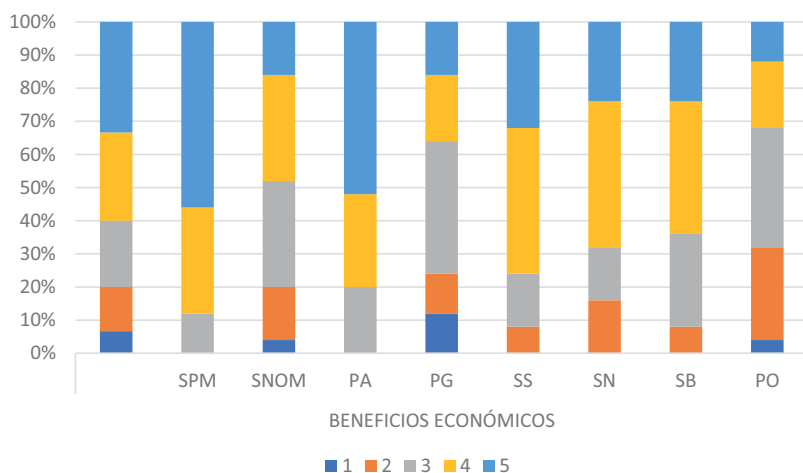
La figura 5 muestra que los servicios ecosistémicos de mayor de importancia fueron: RH con un 96% de mayor importancia, teniendo en cuenta que la guadua es

un generador de regulación hídrica; RC con un 76% de importancia ya que este servicio es fundamental para el sostenimiento del planeta; RE con un 76%, siendo este de regulación de erosión y sabiendo que este estudio presenta mayoritariamente expansión de la frontera agrícola; H con un 44% de importancia debido a la disponibilidad de hábitat que se presenta para todo tipo de especies; RN con un 44% teniendo en cuenta que la guadua es reguladora de nutrientes gracias a su carga microbiana u orgánica que contiene y por último RP con un 12%.

De acuerdo con la categorización y jerarquización de servicios ecosistémicos de Muñoz et al. (2017), los de uso directo correspondieron a los de la producción de agua, los productos forestales maderables, los recursos ornamentales y la belleza escénica. Según la información anterior solamente hay relación con el servicio de producción de agua, mientras que los beneficios categorizados dentro de los valores de uso indirecto correspondieron a los procesos de regulación de disturbios ambientales y seguridad frente a desastres, la regulación del ciclo hidrológico y la polinización.

Según Valencia et al. (2017), que mostraron los servicios ecosistémicos de investigación y educación como insumo para la toma de decisiones desde la perspectiva de la gestión de riesgo y el cambio climático, la oferta hídrica corresponde en 2,63 %, la regulación hídrica en 2,55%, la conservación de la biodiversidad de hábitat-refugio para especies en 2,06%, la captura de CO₂ en 1,83% y la regulación de desastres naturales en 1,77%. Estos resultados son coherentes con los conocimientos de los 25 expertos encuestados en temas de sostenibilidad ambiental.

Figura 6. Servicios ecosistémicos económicos



Fuente: elaboración propia

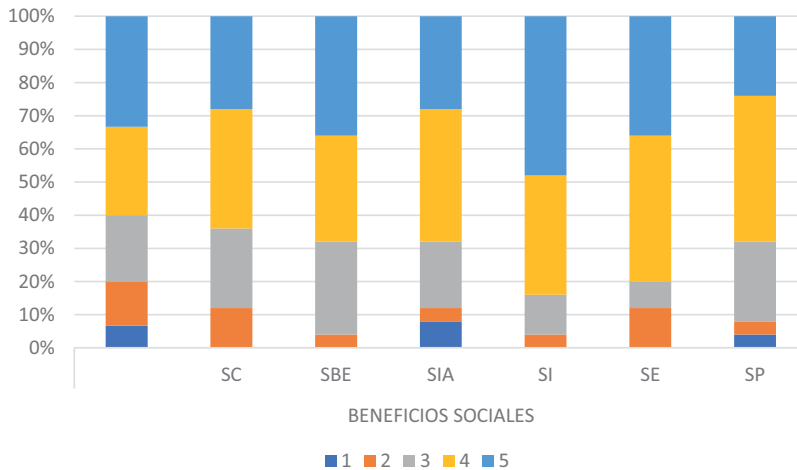
En la figura 6, aunque las variaciones fueron poco perceptibles, se presentó mayor importancia en los beneficios económicos SPM con 56%, PA 52 % y SS 32% puesto que son fundamentales para el sostenimiento de las actividades tradicionales de los productores agrícolas de la zona, dueños de fincas para la producción agropecuaria, donde el uso principal de la guadua corresponde a obtención de madera. Sin embargo, otro estudio relacionado con oferta de residuos de biomasa de guadua para propósitos energéticos (Hernández et al., 2015) indica que el potencial de producción de biomasa se podría obtener de estos bosques bajo manejo, sin poner en riesgo la utilización para otro tipo de productos ni acelerar su degradación por sobreexplotación, teniendo en cuenta que en la región sur no se le hace un aprovechamiento tecnificado y sostenible.

Existe coincidencia en la calificación del servicio provisión de agua que fue también priorizado por Muñoz et al. (2017), donde se encontró relación directa con este beneficio económico. Los demás servicios no presentan una gran importancia para el caso de expertos, teniendo presente que la mayoría de las personas encuestadas no tienen el interés de aprovechar los guaduales con fines económicos, o por lo menos no se asume un valor económico actual, sino de potencial. A su vez, la información obtenida de este estudio es coherente con el estudio de Valencia et al. (2017), indicando que la fijación y el reciclaje de nutrientes fue de 1,63% y la formación del suelo 1,59%, lo que muestra que hay diferencias con el presente estudio ya que los expertos en ámbitos económicos no identificaron

esta alta importancia.

Por otra parte, los servicios sociales de uso indirecto fueron también categorizados de acuerdo con el tipo de beneficios que brindan, como se evidencia en la figura 7.

Figura 7. Servicios ecosistémicos sociales



Fuente: elaboración propia

Según la figura 7, los servicios ecosistémicos sociales de mayor importancia son SI con 48%, SE con 36% y SBE con 36%. Sin embargo, el estudio de Muñoz et al. (2017) muestra los beneficios sociales de los servicios ecosistémicos y presenta la mayor calificación en belleza escénica, siendo este estudio razonable dado que esta especie ofrece altos contrastes en los paisajes ribereños. Por otro lado, el estudio de Valencia et al. (2017) presenta los SE de educación-investigación correspondientes a un 2,47% y belleza escénica 1,64%, lo que muestra coherencia con este estudio, según la importancia que indicaron los respectivos expertos, que son más fundamentados en investigación y belleza que genera oportunidad para la satisfacción del espíritu a través de los atributos del paisaje.

Jerarquización y calificación de los SE

Suma de jerarquización y calificación

Se obtuvo de la suma de todos los servicios ecosistémicos (como se evidencia en la tabla 5) evaluados por los 25 expertos entre jerarquización y calificación.

Tabla 5. Jerarquización y calificación de los servicios ecosistémicos de bosques de guadua

Servicios ecosistémicos	Suma de la jerarquización	Suma de la calificación
Beneficios ecológicos		
H	107	143
RC	119	232
RH	123	249
RE	118	200
RN	102	128
RP	81	79
Beneficios sociales		
SC	95	99
SBE	100	94
SIA:	94	87
SI	107	105
SE	101	99
SP	95	83
Beneficios económicos		
SPM	111	145
SNOM	84	92
PA	108	165
PG	79	96
SS	100	125
SN	94	104
SB	95	83
PO	77	87
TOTAL	1990	2495

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la tabla 5, el valor obtenido de la suma de calificación corres-

ponde a 2495, lo que indica que es de mayor importancia mientras que la jerarquización fue de 1990, lo que indica que es de menor importancia; sin embargo, en el estudio de Muñoz et al. (2017) la jerarquización presentó menor valoración siendo el total de 1129 y la calificación total de 1299, dado que estos valores representan la importancia de cada uno de los SE en los diferentes ámbitos evaluados como los económicos, los sociales y los ecológicos. Se reveló una alta importancia principalmente en los ecológicos y muy poco importante en los sociales y económicos. De estos resultados se obtiene que es importante comprender que los servicios ecosistémicos que ofrece la guadua generan estabilidad ambiental, económica y social, emprendiendo un equilibrio sostenible.

Peso relativo de jerarquización y calificación

Los resultados del peso relativo de la tabla 6 se obtuvieron de calcular para cada técnica dividiendo su peso real entre el total de todos los pesos reales y multiplicándolos por 100.

Tabla 6. Pasos relativos para la jerarquización y calificación de los servicios ecosistémicos de bosques de guadua

SERVICIO ECOSISTÉMICO OFERTADO POR LA GUADUA		PESO RELATIVO	
	Beneficios ecológicos	Jerarquización	Calificación
	H	5,38	5,73
	RC	5,98	9,30
	RH	6,18	9,98
	RE	5,93	8,02
	RN	5,13	5,13
	RP	4,07	3,17
	Beneficios sociales		
	SC	4,77	3,97
	SBE	5,03	3,77
	SIA	4,72	3,49
	SI	5,38	4,21
	SE	5,08	3,97

	SP	4,77	3,33
	Beneficios económicos		
	SPM	5,58	5,81
	SNOM	4,22	3,69
	PA	5,43	6,61
	PG	3,97	3,85
	SS	5,03	5,01
	SN	4,72	4,17
	SB	4,77	3,33
	PO	3,87	3,49
	%	100	100

Fuente: elaboración propia

Según la tabla anterior los SE que tienen mayor peso relativo en el ámbito ecológico entre jerarquización y calificación; los que indicaron que son más importantes son los siguientes: RH con 6,18 % y 9,98%, RC con 5,98 % y 9,30 %, RE con 5,93% y 8,02% y H con 5,38% y 5,73%. Los del ámbito social que corresponden a ser más importantes son SI con 5,38% y 4,21%, SE con 5,08% y 3,97% y SBE con 5,03% y 3,77%; sin embargo, en el estudio de Muñoz et al. (2017) el de mayor peso relativo son los servicios investigación, educación y patrimonio cultural; estos resultados son coherentes con el presente estudio. En el ámbito económico los resultados indicaron que los más importantes fueron SPM con 5,58% y 5,81%, PA con 5,43% y 6,61%, SS con 5,03% y 5,01% y SN con 4,72% y 4,17%; no obstante, los resultados del estudio de Muñoz et al. (2017) mostraron que los más importantes fueron productos forestales no maderables, rigiendo gran diferencia en las respectivas encuestas ya que en este estudio valorizan los más estandarizados en sostenimiento ambiental.

Peso combinado de SE

Este se obtuvo de promediar los pesos relativos calculados por las técnicas de clasificación y calificación, presentando un total de 100 como lo muestra la tabla 7.

Tabla 7. Peso combinado por cada criterio en la valoración de los servicios ecosistémicos de bosques de guadua

SERVICIO ECOSISTÉMICO OFERTADO POR LA GUADUA	PESO COMBINADO
Beneficios ecológicos	
H	5,55
RC	7,64
RH	8,08
RE	6,97
RN	5,13
RP	3,62
Beneficios sociales	
SC	4,37
SBE	4,40
SIA	4,11
SI	4,79
SE	4,52
SP:	4,05
Beneficios económicos	
SPM	5,69
SNOM	3,95
PA	6,02
PG	3,91
SS	5,02
SN	4,45
SB	4,05
PO	3,68
TOTAL	100,00

Fuente: elaboración propia

Según la tabla 7, los SE con mayor peso combinado fueron los de beneficio ecológico como regulación de ciclo hidrológico, regulación climática, regulación de erosión, regulación de nutrientes y el de hábitat; en el ámbito económico producción de agua, productos maderables, soporte formación del suelo y los de mayor puntaje que obtuvo el ámbito social fueron el servicio de investigación, el servicio de educación y el servicio de recreación, deporte y ecoturismo. A partir de los

resultados de este estudio es preciso resaltar que los actores perciben beneficios diferentes según sus roles.

Así como lo relacionan Muñoz et al. (2017), los productores, por ejemplo, ven los bosques como fuentes de sustento y los expertos resaltan más la función ecosistémica. A su vez, teniendo en cuenta el estudio sobre biodiversidad de Rincón-Ruíz et al. (2014), resaltan los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas, ya sean económicos o culturales. Los resultados de la aproximación del cálculo de sostenibilidad de los bosques de guadua de Arango et al. (2017) también mencionan que los servicios de aprovisionamiento como los alimentos, el agua potable, la leña, la fibra, los productos químicos biológicos y los recursos genéticos generan gran importancia para las personas ya que el hombre depende de ellos. Los de regulación como regulación climática, regulación de enfermedades, regulación hídrica, purificación del agua y polinización son los de mayor alto valor ya que son importantes para el equilibrio. Los beneficios culturales como espiritual y religioso, recreación y ecoturismo, estética, inspiración, educación, ubicación y herencia cultural presentaron valores medios de importancia por los expertos (Rincón-Ruíz et al., 2014).

Conclusiones

La caracterización de los rodales de guadua permitió definir su composición actual, especificando cada uno de los estados de desarrollo de la especie. La guadua sobremadura ocupa el 34,7 %, la verde el 21,4%, la madura el 21,1% y las guaduas cortadas y rebrotes con el porcentaje más bajo, 9 % y 13,8%, respectivamente.

Se determinó la oferta de servicios ecosistémicos de la guadua por medio de una categorización, teniendo en cuenta sus usos directos, indirectos y de opción, dividida en 3 grupos: los SE ecológicos, donde se incluyen H, RC, RH, RE, RN, RP; los SE sociales que corresponden a SC, SBE, SIA, SI, SE y SP y los SE económicos, donde se encuentran SPM, SNOM, PA, PG, SS, SN, SB, PO.

La priorización de los SE permitió determinar el valor de importancia de cada uno y por grupos. Los SE ecológicos fueron los de más alta valoración y corresponden a RH, RC, RE, H, RN, por las respectivas funciones ecosistémicas que ofrecen sostenibilidad al medio ambiente y a las personas.

Es evidente, entonces, que esta herramienta de priorización, fundamentada en

caracterizar el valor o grado de importancia a partir de los conocimientos y experiencias de los encuestados, permitió determinar cuáles son los servicios ecosistémicos más relevantes que brinda la *G. angustifolia* priorizándolos, de manera que se conviertan en herramientas críticas para la toma de decisiones en el aprovechamiento tecnificado y sosteniblemente de la guadua como recurso natural.

Recomendaciones

Generar mayor dinamismo en la investigación científica relacionada con esta especie, en la región sur del Huila, debido a que es una de las zonas más pobladas por *G. angustifolia* en el departamento.

Incluir la *G. angustifolia* dentro de los planes de gestión ambiental territorial, relacionándola con ecosistema estratégico, y así contribuir a la mitigación de la problemática generada en el territorio.

Modernizar los sistemas tradicionales de aprovechamiento que ocasionan daños a los rodales de guadua, a partir de capacitación permanente a propietarios y productores.

Implementar programas de nuevas siembras de *G. angustifolia* sobre las márgenes protectoras de las fuentes hídricas de la región para maximizar el aporte de servicios ecosistémicos que brinda esta especie.

Diseñar y ejecutar proyectos enfocados en pagos por servicios ecosistémicos que involucren como eje central aquellos provistos por la *G. angustifolia* e identificados en este estudio.

Potenciar los servicios directos como la generación de materia prima para efectos industriales, lo cual dinamiza las actividades de producción, siempre y cuando se garantice el aprovechamiento sostenible de los rodales.

Aprovechar los nuevos núcleos forestales para la implementación de programas piloto que involucren el valor de los servicios ecosistémicos prestados por la guadua.

Referencias

- Ander Egg, E. (2003). Métodos y técnicas de investigación social IV. Técnicas para la recogida de datos e información. Buenos Aires: Lumen.
- Arango-Arango, Á. M., Camargo-García, J.C. & Castaño-Rojas, J.M. (2017). Sustainability calculation approach of guadua (*Guadua angustifolia* Kunth.) forests throughout the use of emergetic analysis. *Acta Agron.* 66 (4). pp.531-537. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122017000400531&script=sci_abstract&tlng=es
- Camargo García, J. C. & Kleinn, C. (2010). Length curves and volume functions for guadua bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) for the coffee region of Colombia. *European Journal of Forest Research*, (129), pp. 1213-1222. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0411-2>
- Camargo, J. C., Rodríguez, J. A., y Arango, A. M. (2010). Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, (61), pp. 86-94. Recuperado de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5987/13.Camargo.pdf>
- Chará, J., Giraldo, L. P., Chará, A. M. y Pedraza, G. X. (2010). Beneficios de los corredores ribereños de *Guadua angustifolia* en la protección de ambientes acuáticos en la Ecorregión Cafetera de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, (61), pp. 60-66. Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8443/Beneficios_de_los_corredores_riberenos2.pdf
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM. (2009). POMCH Río Guarapas. Recuperado de <http://www.cam.gov.co/recurso-hidrico/pomch/category/81-rio-guarapas.html>
- FAO. (2018). Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS). Recuperado de <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/forest-inventory/basic-knowledge/es/>
- Fonseca-González, W. y Rojas-Vargas, M. (2016). Acumulación y predicción de biomasa y carbono en plantaciones de bambú en Costa Rica. *Ambiente y Desarrollo*, 20 (38), pp. 85-98. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5420831>

- Giraldo, E. (2009). Bienes y servicios ambientales de la guadua en Colombia (*Guadua angustifolia* Kunth). Centro Nacional para el Estudio del Bambú-Guadua. Corporación Autónoma Regional del Quindío, CRQ. Armenia. Recuperado de http://www.sigguadua.gov.co/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=9&Itemid=37
- Hernández Londoño, A., Montoya Arango, J. A. y Camargo García, J. C. (2015). Análisis del ciclo de vida aplicado a la fase de extracción de guadua, en el Eje Cafetero colombiano. *CATIE*, Costa Rica. Recuperado de <https://docplayer.es/9818026-Analisis-del-ciclo-de-vida-aplicado-a-la-fase-de-extraccion-de-guadua-en-el-eje-cafetero-colombiano.html> en revista *Recursos Naturales y Ambiente* (65-66) pp. 68-76
- IDEAM, INVEMAR, SINCHI, IIAP e IAvH (2016). Informe del estado del ambiente y los recursos naturales renovables. Bogotá: IDEAM. Recuperado de <http://www.andi.com.co/Uploads/Informe%20del%20estado%20del%20ambiente%20y%20los%20recursos%20naturales%20renovables..pdf>
- Joaquín Ortega, F. y Villarreal Artunduaga, J. R. (2014). *Caracterización forestal y productiva de la guadua (Guadua angustifolia Kunth), en los municipios de Saladoblanco y Timaná al sur del departamento del Huila* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Pitalito, Colombia. Recuperado de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bits-tream/10596/8620/1/12240404.pdf>
- Kleinn, C. & Morales-Hidalgo, D. (2006). An inventory of Guadua (*Guadua angustifolia*) bamboo in the Coffee Region of Colombia. *European Journal of Forest Research*, (125), pp. 361-368. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0129-3>.
- Londoño, X. (2011). El bambú en Colombia. *Biotecnología Vegetal*, 11 (3), pp. 143-154. Recuperado de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/485/882>
- Méndez Pedroza, N. M. (2015). *Diagnóstico de guaduales y propuesta de un modelo de ordenamiento forestal sostenible productivo para el manejo e industrialización de la guadua (Guadua angustifolia Kunt), con participación comunitaria en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, zona sur* (tesis de doctoral).

- Universidad Católica de Ávila, Ávila, España. Recuperado de <http://ucav.odilo-tk.es/opac?id=00045859>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being. Biodiversity Synthesis*. Washington: World Resources Institute. Recuperado de <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>
- Muñoz López, J., Camargo García, J. C. y Romero Ladino, C. (2017). Beneficios de los bosques de guadua como una aproximación a la valoración de servicios ecosistémicos desde la “Jerarquización y Calificación”. *Gestión y Ambiente*, 20 (2), pp. 1-10. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/66603>
- Muñoz-Flórez, J. E. et al. (2010). *Diversidad y estructura genética de Guadua angustifolia en la Ecorregión Cafetera colombiana* (tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11554/6978>
- Ochoa, V., Marín, W. y Osejo, A. (2017). *Valoración de los servicios ecosistémicos asociados al área de influencia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Ospina, R. y Finegan, B. (2004). Variabilidad florística y estructural de los bosques dominados por *Guadua angustifolia* en el eje cafetero colombiano. *Gestión y Ambiente*, 20 (2), Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11554/6913>
- Palacios-Herra. B. G. (2012). Artículo II. Identificación y caracterización de servicios ecosistémicos prioritarios (SEP). *Recursos Naturales y Ambiente*, (65-66). CATIE, Costa Rica. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11554/7293>
- Rincón-Ruiz, A. et al. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Aspectos conceptuales y metodológicos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32547>
- Team, Q. D. (2018). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Recuperado de <http://qgis.osgeo.org>

- Valencia-E, J. et al. (2017). Valoración de los servicios ecosistémicos de investigación y educación como insumo para la toma de decisiones desde la perspectiva de la gestión del riesgo y el cambio climático. *Luna Azul*, (45), pp. 11-41. Recuperado de http://vip.ucaldas.edu.co/lunazul/downloads/Lunazul45_3.pdf
- Vallejo-Joyas M.I. et al. (2005). *Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de http://www.ecotonos.org/wp-content/uploads/2014/10/Vallejo_Joyas_etal_2005_EstablecimientoParcelas.pdf

Epílogo

El grupo de investigación del Macizo Colombiano seguirá estudiando e investigando la especie natural guadua desde las diferentes aristas de esta especie, tan importante para el desarrollo de la humanidad. Falta mucho.

Un paso intermedio, establecido en el plan prospectivo y estratégico es lograr la consolidación de la cadena productiva de la guadua de lo local a lo nacional. Se avanza significativamente para su reconocimiento ante el Ministerio de Agricultura.

Se requiere, mediante la cadena productiva, interactuar con los diferentes actores sociales de la cadena, para reconocer las falencias en la investigación, la transferencia de conocimientos y de tecnología, la asistencia técnica, la normatividad y la organización por eslabones, para dar a conocer los innumerables servicios ambientales de la guadua y de los servicios ecosistémicos de los bosques de guadua hasta los pequeños productores que posean este recurso natural en sus predios.

La meta es hacer de este recurso natural presente en toda la geografía nacional un agente de ingresos económicos familiares y vincularlos a las economías locales, regionales y nacionales, con el valor agregado del talento nacional, hacia los multiusos de esta especie.

Continuaremos estudiando e investigando.