



# RECONOCIMIENTO DEL TERRITORIO DE RIONEGRO, CUNDINAMARCA, PARA EL DESARROLLO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Diber Jeannette Pita Castañeda  
Lizeth Angélica Herrera Silva



Colección de Investigación



**Presidente del Consejo de Fundadores**

P. Diego Jaramillo Cuartas, cjm

**Rector General Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO**

P. Harold Castilla Devoz, cjm

**Vicerrectora General Académica**

Stéphanie Lavaux

**Director de investigación – PCIS**

Tomás Durán Becerra

**Subdirectora Centro Editorial**

Rocío del Pilar Montoya Chacón

**Rector Bogotá Presencial**

Jefferson Enrique Arias Gómez

**Vicerrector Académico Bogotá presencial**

Nelson Iván Bedoya Gallego

**Director de Investigación Rectoría UNIMINUTO Bogotá**

Benjamín Barón Velandia

**Coordinador de Publicaciones Rectoría UNIMINUTO Bogotá**

Lorena Cano Vergara

**Decano Facultad de Ingeniería**

Jhon Camilo Cifuentes Taborda

*Reconocimiento del territorio de Rionegro, Cundinamarca,  
para el desarrollo de la Guadua Angustifolia Kunth.*

### **Autores**

Diber Jeannette Pita Castañeda  
Lizeth Angélica Herrera Silva

### **Asistente editorial**

Leonardo Alfonso Bernal Prieto

### **Corrección de estilo**

Carlos Manuel Varón Castañeda

### **Diseño y diagramación**

Mauricio Salamanca

Primera edición digital 2023

DOI: <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-649-9>

### **Proceso de arbitraje doble ciego**

Recibido del manuscrito: enero de 2021

Evaluado: agosto de 2022

Ajustado por autores: noviembre de 2022

Aprobado: marzo de 2023

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Calle 81 B # 72 B-70

Bogotá D. C. - Colombia

2023

Pita Castañeda, Diber Jeannette

Reconocimiento del territorio de Rionegro, Cundinamarca, para el desarrollo de la Guadua Angustifolia Kunth / Diber Jeannette Pita Castañeda, Lizeth Angélica Herrera Silva. Bogotá : Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2023.

78 páginas, ilustraciones, tablas, mapas.

Incluye referencias bibliográficas páginas 71-78

ISBN: 978-958-763-649-9 (digital)

1. Guadua -- Investigaciones -- Rionegro, Cundinamarca 2. Desarrollo económico y social -- Estudio de casos -- Rionegro, Cundinamarca 3. Desarrollo sostenible -- Rionegro, Cundinamarca 4. Guadua -- Cultivos y medios de cultivo -- Rionegro, Cundinamarca

5. Bambú -- Producción -- Rionegro, Cundinamarca i. Herrera Silva, Lizeth Angélica (autor)

CDD: 633.58 P47r BRGH Registro Catálogo Uniminuto No. 105383

Archivo descargable en MARC a través del link: <https://tinyurl.com/bib105383>

Esta publicación es el resultado de la investigación *Caracterización ambiental para el desarrollo y aprovechamiento de la guadua en Pacho y La Palma en la provincia de Rionegro, Cundinamarca*, con código C117-40-161 financiado por la por la Séptima Convocatoria para el Fortalecimiento de la Investigación del 2017, en la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO.

©Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los capítulos publicados en *Reconocimiento del territorio de Rionegro, Cundinamarca, para el desarrollo de la Guadua Angustifolia Kunth*, fueron seleccionados por el Comité Científico de acuerdo con los criterios de calidad editorial establecidos por Institución. El libro está protegido por el Registro de propiedad intelectual. Los conceptos expresados en los artículos competen a los autores, son su responsabilidad y no comprometen la opinión de UNIMINUTO. Se autoriza su reproducción total o parcial en cualquier medio, incluido electrónico, con la condición de ser citada clara y completamente la fuente, siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, tal como se precisa en la Licencia Creative Commons Atribución – No comercial – Compartir Igual que acoge UNIMINUTO.

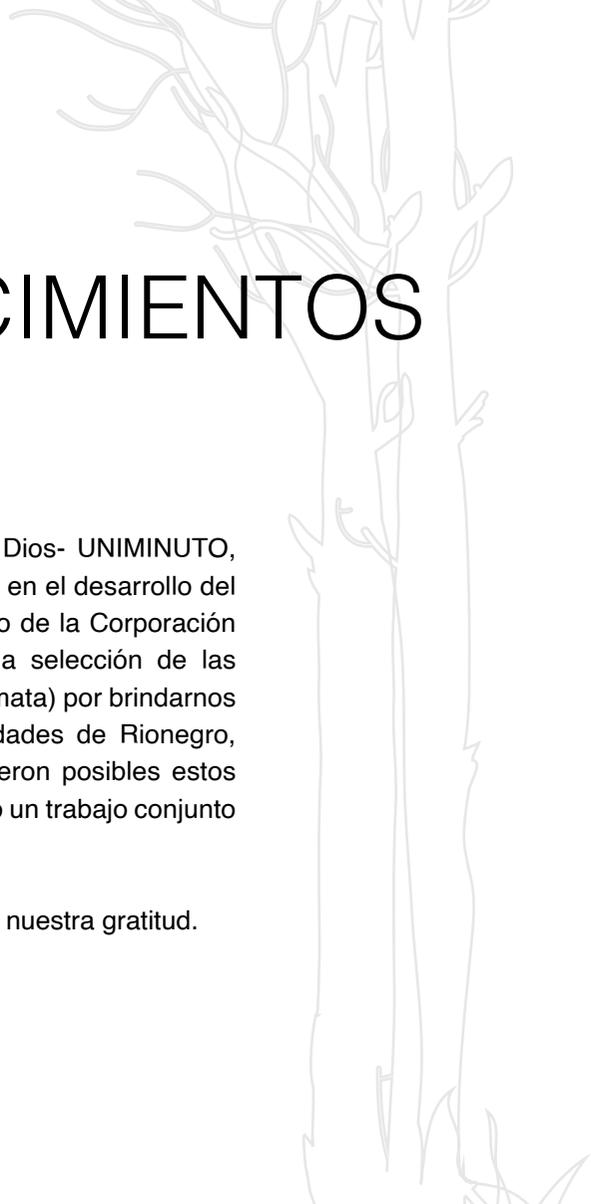


# TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos . . . . .	7
Prólogo . . . . .	9
Sobre los autores . . . . .	11
Glosario de términos técnicos . . . . .	13
Introducción . . . . .	17
Información general de la investigación . . . . .	21
Rionegro, nuestro territorio para la guadua . . . . .	29
Descripción de los municipios estudiados . . . . .	31
Caracterización de las condiciones ambientales en el suelo de los lugares estudiados . . . . .	36
Caracterización de las condiciones ambientales del aire y del recurso hídrico en los lugares estudiados. . . . .	51

Retos en el aprovechamiento de la guadua de Pacho y La Palma en Cundinamarca .....	61
Conclusiones .....	67
Referencias .....	71
Lista de tablas .....	79
Lista de figura .....	81

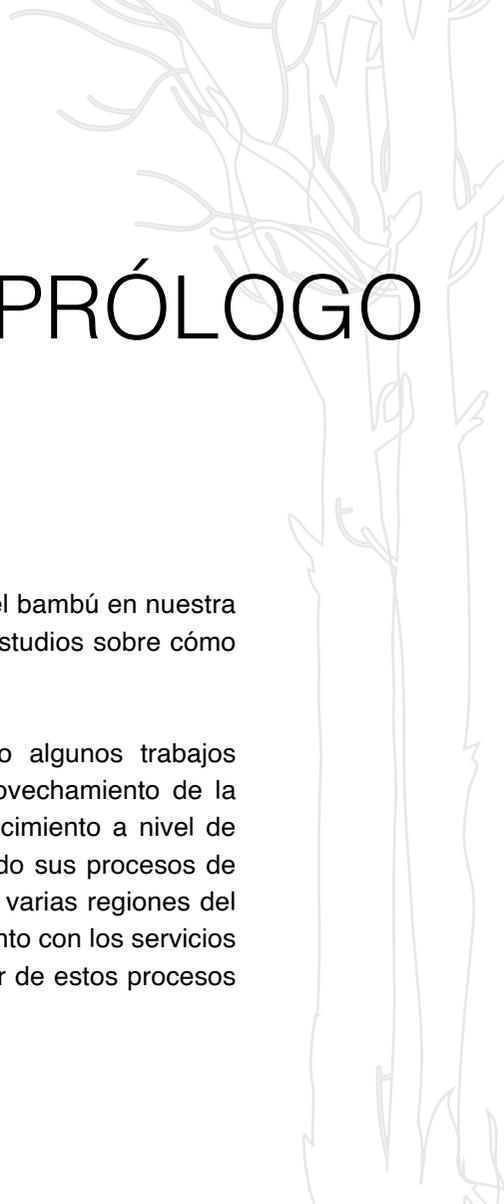
# AGRADECIMIENTOS



Reconocemos ante todo el apoyo de la Corporación Universitaria Minuto de Dios- UNIMINUTO, cuyos fondos permitieron conocer aspectos ambientales del territorio de Rionegro en el desarrollo del cultivo de guadua. De igual forma agradecemos a la Dirección Regional Rionegro de la Corporación Autónoma Regional (CAR), Seccional Pacho, por participar y guiarnos ante la selección de las veredas estudiadas, a la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (Umata) por brindarnos información necesaria a nivel social y ambiental del territorio, y a las comunidades de Rionegro, especialmente de las Veredas de Pacho y La Palma, que nos recibieron e hicieron posibles estos acercamientos necesarios para el desarrollo de esta investigación, planteada como un trabajo conjunto con agricultores, familias, docentes, niños y jóvenes.

A todos ellos, nuestra gratitud.





# PRÓLOGO

**A**mérica Latina en las últimas décadas ha resaltado la importancia que tiene el bambú en nuestra cultura y avanza a través de la investigación y de otras formas a potencializar estudios sobre cómo establecer aprovechamiento de la guadua a nivel de diferentes usos.

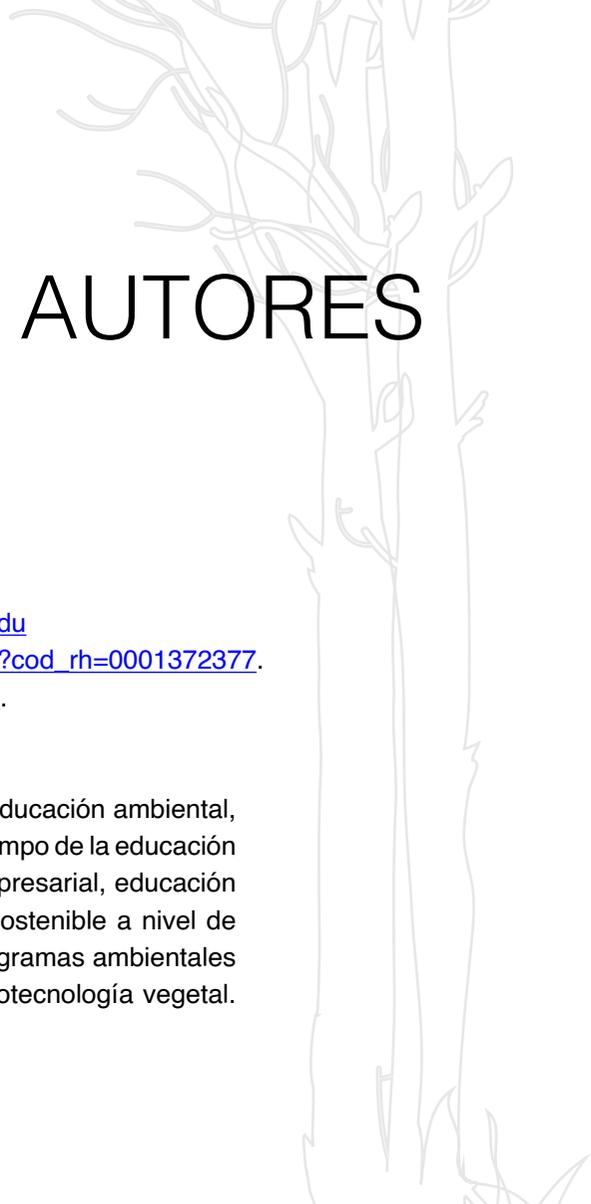
Colombia es reconocida por su trabajo en la arquitectura, destacando algunos trabajos que con éxito se han mostrado a nivel mundial, reconociendo en ellos el aprovechamiento de la *Guadua Angustifolia Kunth* en una variedad de proyectos, creando nuevo conocimiento a nivel de la arquitectura moderna. De la misma manera las universidades han direccionado sus procesos de investigación para ampliar el conocimiento en los temas de aprovechamiento en varias regiones del país, dando a conocer sobre los beneficios que tiene la guadua para Colombia, junto con los servicios ecosistémicos que esta presenta en algunas partes del territorio nacional; a partir de estos procesos

académicos muchas zonas del país cuentan con avances significativos en el aprovechamiento, beneficiando desde el conocimiento científico a través de la investigación a muchas comunidades en los departamentos de Antioquia, Quindío, Caldas, Risaralda, entre otros.

UNIMINUTO presenta a través de esta investigación las condiciones ambientales de Cundinamarca en los municipios de Pacho y La Palma, donde se da a conocer las características propias de los componentes de agua, suelo y aire, importantes para definir el cultivo de la guadua en este sector del país, dichos estudios presentan la viabilidad de las condiciones de estos factores para continuar cultivando esta especie en Cundinamarca, así como analizar que otras se pueden introducir de acuerdo a las características presentadas, que beneficios se pueden determinar para las especies cultivadas en estos momentos y definir de esta manera un posible aprovechamiento de la planta a nivel industrial, además de resaltar esta región del país importante para la producción, preservación y desarrollo agrícola de la planta.

César Santiago Cubillos  
Ingeniero Químico  
Investigador en bambú  
Analista Ambiental

# SOBRE LOS AUTORES



## **Diber Jeannette Pita Castañeda**

Coordinadora de proyectos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Investigadora principal, Bogotá, Colombia. **Correo electrónico:** [dpita@uniminuto.edu](mailto:dpita@uniminuto.edu)

**CvLAc:** [https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001372377](https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001372377).

**Scholar:** <https://scholar.google.com/citations?user=uDhMS70AAAAJ&hl=es&oi=ao>.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7346-1487>

Bióloga y química, especialista en Educación y Gestión Ambiental, y magister en educación ambiental, Docente investigadora, con amplia experiencia en procesos de investigación en el campo de la educación ambiental, planes de gestión de residuos sólidos, planes de gestión ambiental empresarial, educación ambiental comunitaria, procesos pedagógicos para la educación y el desarrollo sostenible a nivel de instituciones al tiempo que brinda asesoría en proyectos de manejo ambiental, programas ambientales escolares en los ámbitos local y municipal, y en temas de agricultura urbana y biotecnología vegetal.

**Lizeth Angélica Herrera Silva**

Analista de proyectos, en el Parque Científico de Innovación Social, de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Coinvestigadora, Bogotá, Colombia. **Correo electrónico:** [lizeth.herrera@uniminuto.edu](mailto:lizeth.herrera@uniminuto.edu)

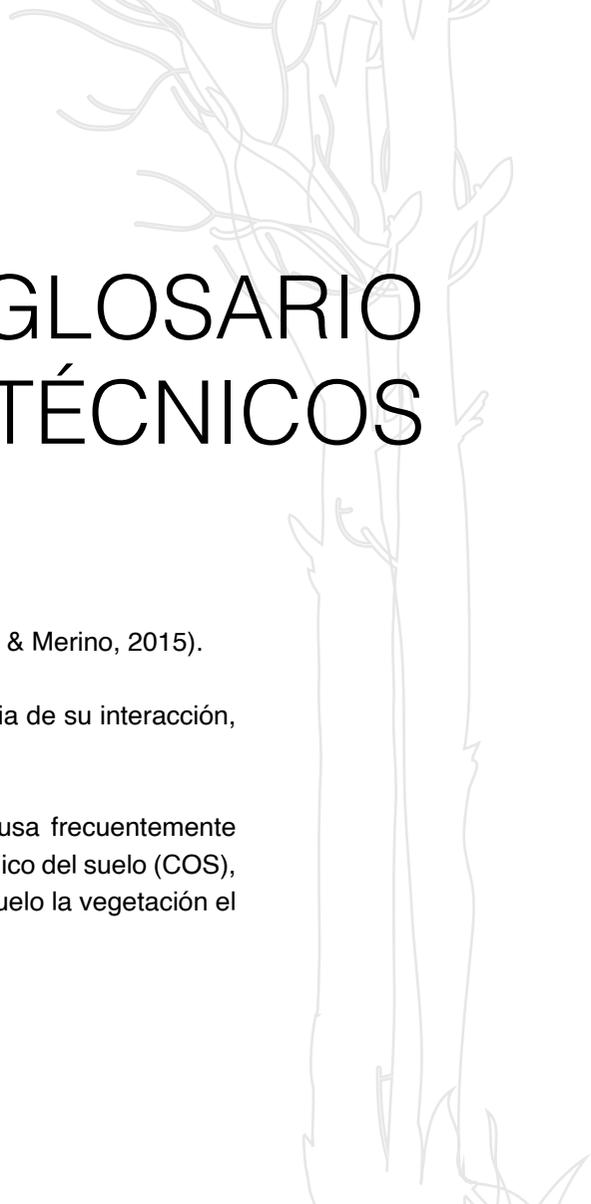
**CvLAc:** [https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001531825](https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001531825).

**Scholar:** <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=kI3lSEwAAAAJ>

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1399-0309>

Administradora de Empresas y magister en gerencia y práctica del desarrollo. Ha liderado la formulación, ejecución y gestión de proyectos de investigación e innovación social que promueven el desarrollo sostenible de los territorios mediante el aprovechamiento de recursos locales, el empoderamiento comunitario y el acceso a la ciencia, la tecnología y la innovación. Su principal área de interés es la gestión de proyectos de desarrollo e investigación para la competitividad desde la participación y la gestión social del conocimiento.

# GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS



**Acuoso/a:** que tiene abundante agua en su estructura, o se parece al agua (Pérez & Merino, 2015).

**Agregados (químicos) :** grupo de átomos o de moléculas que, como consecuencia de su interacción, forman una estructura común o un cuerpo completo (BioDic, 2021).

**Carbono orgánico:** cantidad de carbono unido a un compuesto orgánico y se usa frecuentemente como un indicador no específico de calidad del agua (FAO, 2017). El Carbono orgánico del suelo (COS), por su parte, es una pequeña parte del ciclo global del carbono (*i.e.a* a través del suelo la vegetación el océano y la atmósfera).

**Compuestos Orgánicos Volátiles:** hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles ante ella. Este tipo de compuestos son “contaminantes del aire y cuando se mezclan con óxido nitrógeno, reaccionan formando el ozono” (Risctox, 2008). Este es un fenómeno que causa afectaciones en la salud tales como irritación de ojos y vías respiratorias, astenia, cefaleas, alergias, disminución de la función pulmonar y lesiones al hígado entre otras (Risctox, 2008).

**Compresión:** presión a que está sometido un cuerpo por la acción de fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen. Dicha presión; puede ser generada por un proceso físico o mecánico por el cual un cuerpo recibe tensión de dos fuerzas (Pérez & Merino, 2021a).

**Cationes:** partícula que forma parte de la materia común con propiedades químicas que configuran un procedimiento eléctricamente neutro. También puede considerarse un ion con carga positiva (EduRed, 2021).

**Compactación (del suelo):** pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo por las fuerzas externas que actúan sobre él (Pioneer, s.f.).

**Conductividad eléctrica:** medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. El que dichas soluciones puedan realizar este proceso, depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, y; valencia y la temperatura de la medición. Por ende, esta propiedad se puede considerar la capacidad de la materia para permitir el flujo de la corriente eléctrica a través de sus partículas (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales -Ideam, 2006).

**Densidad aparente:** masa de muchas partículas del material dividida por el volumen total que ocupan. En relación con el suelo, dicha medida expresa la masa del suelo por unidad de volumen, con lo que describe la compactación del suelo que está representada por la relación entre líquidos y sólidos (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA, s.f.).

**Formaldehído:** gas incoloro de olor picante, que resulta de la oxidación del alcohol metílico. Este es un compuesto químico formado por hidrógeno, oxígeno y carbono (ChemicalSafetyFacts, 2021).

**Iones:** átomo o agrupación de átomos que por pérdida o ganancia de uno o más electrones adquiere carga eléctrica. Los iones que tienen una carga positiva se denominan cationes, los que tienen una carga negativa aniones (MedlinePlus, s.f.).

**Material particulado:** mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. A esto suelo llamársele contaminación por partículas. Algunas de estas son grandes como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, mientras que otras son muy pequeñas, y solo pueden ser identificadas a través del microscopio (Environmental Protection Agency - EPA, 2021).

**Partículas:** parte pequeña de materia que mantiene las propiedades de un cuerpo (Pérez & Merino, 2021b).

Los átomos y las moléculas son partículas, así como la arena es una partícula del suelo, que se considera la más grande por su tamaño de 2,0 mm – 0,05 mm (Globe, 2005).

**Potencial de hidrogeno (pH):** medida que permite determinar el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. Esta es la más común de todas las mediciones durante los procesos industriales, y también es muy importante en el procesamiento de alimentos, la agricultura, y la acuicultura, entre otros (Hannan Instruments, 2021).

**Poros de los suelos:** espacios vacíos que alojan agua, gases y la actividad biológica del suelo.

**Polución:** forma de contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos. Puede causar alteraciones en el bienestar de las personas en tanto altera factores físicos, psicológicos y cognitivos.

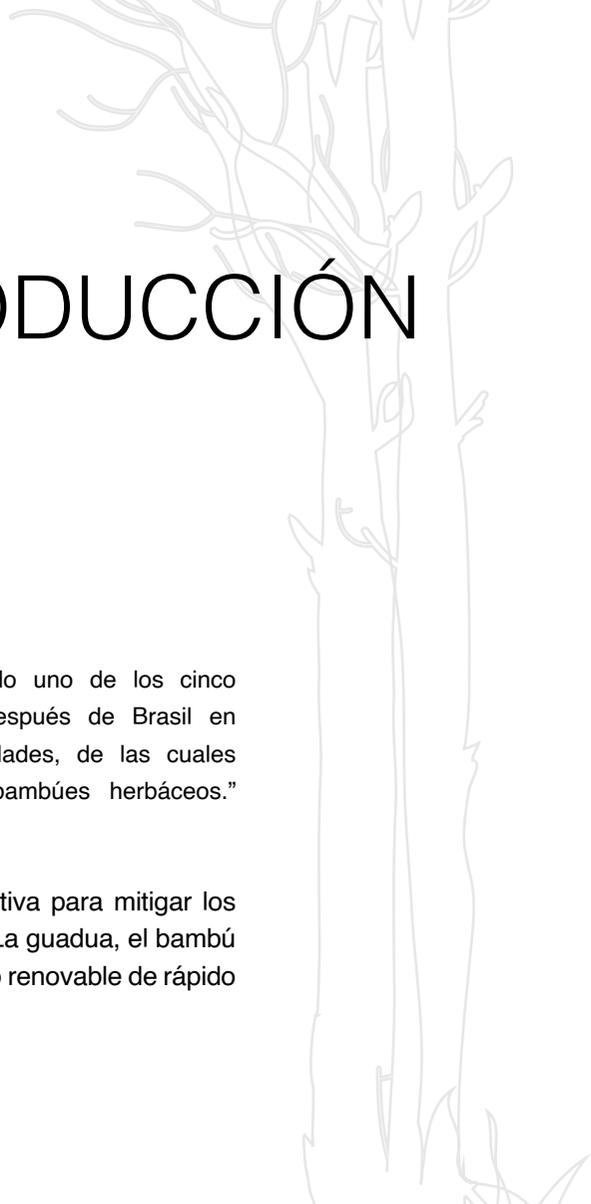
**Resistencia:** capacidad de la materia de soportar una determinada fuerza durante un periodo de tiempo prolongado (Editorial Etecé, 2021).

**Sedimentación:** acción de materia que, habiendo estado suspensa en un líquido, se deposita en el fondo por su mayor peso. Este es un fenómeno que se presenta cuando se acumulan partículas de tierra o suelo en el fondo de cuerpos de agua, con lo que causan una disminución del espacio disponible para almacenar el agua (Gonzales, 2005).

**Soluble:** capacidad de un sólido, líquido o gas de que se separen sus partículas o moléculas en un líquido de forma que queden incorporadas a este último. En términos más concretos es la capacidad de una sustancia para diluirse en otra. Las sustancias que se diluyen se conocen como soluto, mientras que aquella en que se disuelve se llama solvente (Pérez & Gardey, 2021).

**Sales:** sustancia consistente en cloruro sódico, ordinariamente blanca, cristalina, de sabor propio, y muy soluble en agua, que se emplea para sazonar y conservar alimentos. Es muy abundante en las aguas del mar y también se encuentra en la corteza terrestre (Ucha, 2012).

# INTRODUCCIÓN



Como lo menciona Londoño (2012):

“Colombia tiene más de 51.000 especies de plantas, y es considerado uno de los cinco países megadiversos del mundo. Es el segundo país de América, después de Brasil en diversidad de bambúes, con 18 géneros, 105 especies y cinco variedades, de las cuales 24 son especies endémicas, 69 son bambúes leñosos y 36 son bambúes herbáceos.”  
(p. 144)

El bambú es el “oro verde” del siglo XXI y se ha convertido en una alternativa para mitigar los efectos causados por el cambio climático y solucionar el déficit energético mundial. La guadua, el bambú nativo de mayor importancia en Colombia, se caracteriza por ser un excelente recurso renovable de rápido

crecimiento y fácil manejo. Es una planta auto sostenible, que trabaja en red, y tiene la capacidad de suplir la madera, con lo que contribuye a reducir la deforestación, y puede solucionar los problemas ambientales, sociales y económicos que afectan a una región (Londoño, 2012).

El aprovechamiento de la guadua es una actividad productiva que puede tener dos propósitos: facilitar el mantenimiento y mejoramiento de los guaduales, o permitir que el propietario del guadual perciba ingresos económicos (Castaño & Moreno, 2004). Al realizarse de forma óptima, este aprovechamiento favorece la aparición de rebrotes en condiciones de calidad adecuadas para su corte y tratamiento. Por lo anterior, es preciso conocer las condiciones del entorno y los servicios ecosistémicos que presta el recurso para llevar a cabo esta actividad de forma sostenible.

El desarrollo productivo de la guadua puede contribuir a la construcción de sociedades sostenibles. En el ámbito económico esta puede ser procesada y transformado en productos como tableros, laminados,

fibras para textiles, artesanías, muebles y como material estructural en la construcción. A nivel social, fortalece las comunidades y el tejido social con la vinculación de diferentes actores en la administración de los guaduales y la gestión del conocimiento local para su desarrollo tecnológico. Y, a nivel ambiental, la guadua es proveedora de servicios ecosistémicos como control de erosión, regulación del ciclo hídrico, captura de CO<sub>2</sub>, regulación de la temperatura (Muñoz *et al.*, 2017), genera corredores biológicos, y es proveedora de servicios de abastecimiento convirtiéndose en una oportunidad para la generación de ingresos de las familias que cuentan con un guadual en sus predios.

Cundinamarca es una de las regiones con guadua en su territorio. Actualmente el Departamento no tiene un dato exacto de los guaduales existentes en la región, pero de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, para 2004, el Departamento relacionaba 606 hectáreas de guadua observadas en los municipios de las provincias de Rionegro, Tequendama, Bajo, Medio y Alto Magdalena y Gualivá. Un recorrido por estos territorios

permite observar que actualmente este recurso no está siendo aprovechado y no cuenta con un mantenimiento que proporcione el aprovechamiento de sus servicios ecosistémicos de la mejor forma

Cabe aclarar que motivar el aprovechamiento indiscriminado de la guadua puede llevar a que se presente una sobre explotación y, con ello, a exceder la capacidad del ecosistema para regenerarse, lo que podría afectar todos los servicios ecosistémicos ofrecidos por un guadua. Para conservar estos servicios se deben reconocer las condiciones del suelo, agua y aire del ambiente que favorecen la producción de guadua. Si se dan a la tarea de comprender estos elementos, los aprovechadores, propietarios de predio y demás actores de la cadena productiva podrán diseñar estrategias para mantener las condiciones ambientales adecuadas, de tal manera, que los guaduales cumplan con la calidad requerida por el mercado.

Por lo anterior, determinar las condiciones ambientales del cultivo de guadua es una actividad clave

a realizar en los territorios cundinamarqueses, con dos fines: por un lado, garantizar los requerimientos de la planta, y por otro propender a que su aprovechamiento no cause externalidades negativas. A partir de esto se desarrolló la investigación *Caracterización ambiental para el desarrollo y aprovechamiento de la guadua en la Provincia de Rionegro, Cundinamarca*, encaminada a definir las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo y aprovechamiento de la guadua en los municipios de Pacho y La Palma a manera de pilotaje y base para el aprovechamiento de los guaduales del departamento.

El estudio contempló la identificación de las principales características ambientales de esta región, el análisis de las condiciones de suelo, agua y aire, y el reconocimiento de las necesidades de siembra en estos municipios para el desarrollo de la guadua. Los resultados de dicho estudio mostraron que la región, cuenta con las condiciones propicias para cultivar guadua, pero, lograr un desarrollo productivo sostenible en esta materia, demanda que los actores locales reconozcan esta información, para de un lado, promover en las familias

de la zona la generación de ingresos a través del aprovechamiento sostenible de la guadua, y por otra parte establecer una línea de base en el tema, que oriente futuras investigaciones.

De lo anterior nace la presente cartilla, se la propone como una herramienta para que los actores de la cadena productiva de la guadua: productores, transformadores, comerciantes, investigadores, instituciones de apoyo; y demás interesados en el potencial de esta, conozcan las características que favorecen su producción y desarrollo en la región, adquieran conocimientos para su conservación y aprovechamiento sostenible.

# INFORMACIÓN GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación *Caracterización ambiental para el desarrollo y aprovechamiento de la guadua en la Provincia de Rionegro, Cundinamarca*, fue realizada en los municipios de Pacho y La Palma en la citada provincia, esta última se encuentra localizada al norte de la ciudad de Bogotá, y cuenta con una población total de 65.812 habitantes, y un área de 2.382 km<sup>2</sup>. Para el estudio desarrollado entre el 2018 - 2020 se escogieron seis veredas de estos municipios, dos en La Palma (El ortigal y Murca) y cuatro en Pacho (La Hoya, La Bruja, La cuesta y Guayacán), para un total de 13 predios (**Tabla 1**).

<b>Tabla 1. Listado de veredas por municipio y participantes</b>			
<b>Predio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>Nombre</b>
1	La Palma	Murca	René Triana
2			Néstor Calvo
3		El Ortigal	Heraldo Vega
4			Óscar Vanegas
5	Pacho	La Bruja	Luz Marina Páez
6			Carlos Fernández
7		Guayacán	Jairo Rojas Casallas
8			Diana Ropaín
9			Tirso Gómez
10		La Hoya	Dora Rojas
11			Hilda Silva
12			Rene Rojas
13		La Cuesta	Régulo Rojas

**Fuente:** elaboración propia

La metodología usada tomó como referencia el Diagnóstico Ambiental Expositivo (DIEX) y a Profundidad (DIPRO) propuesto por Gallo & Sejenovich (2013). Esta metodología aporta un marco de análisis para concretar diagnósticos de la situación ambiental, con énfasis en la ocupación

de la fuerza de trabajo, teniendo en cuenta el desarrollo ecológico, económico y social.

El Diagnóstico Ambiental Expositivo (DIEX) es un diagnóstico inicial que tiene por objetivo fortalecer los temas ambientales; se nutre fundamentalmente de fuentes secundarias (revisión bibliográfica y entrevistas a expertos), complementada con datos suministrados por informantes calificados (Gallo & Sejenovich, p.10). En el Dipro, a su turno, se usan instrumentos que involucran la participación de los actores sociales, complementado por un proceso de reflexión y construcción colectiva de saberes entre los diferentes actores participantes -conocido en la academia como Investigación Acción Participativa (IAP)-, mediante el cual se logra la transformación social y cambios de paradigma para construir una cultura sostenible desde el conocimiento de los beneficios que tiene la planta en el territorio. Así entonces, el proyecto se desarrolló mediante un proceso que combinó tres elementos: la investigación como un proceso reflexivo, toda vez que se estudió un aspecto de la realidad; la acción, entendida como una forma de

intervención; y la participación, en el marco de la cual se involucró a los investigadores como a la comunidad destinataria del proyecto cuyos miembros no fueron considerados simples objetos de investigación, sino sujetos activos que contribuirían a conocer y transformar su propia realidad (Eizagirre y Zabala, 2006).

En la investigación se realizaron acercamientos con las comunidades en diálogos que conducían al conocimiento de la cadena de valor de la guadua y a las acciones de aprovechamiento. La ejecución contó con la participación de líderes de la comunidad con conocimiento tradicional y ancestral del manejo de la guadua, y representantes de las instituciones presentes en el territorio. A continuación, se presentan los participantes del estudio, junto con su ubicación, rol y contribución al proceso.

<b>Tabla 2.</b>	<b>Participantes municipales vinculados a la investigación</b>			
<b>Orden</b>	<b>Actor</b>	<b>Categoría</b>	<b>Características</b>	<b>Tipo de contribución o impacto</b>
Corporación Autónoma Regional- CAR	Ingeniero Alejandro Fiquitiva	Cooperante	Director de la CAR Regional Rionegro	Orientación por parte de la CAR para la selección de las veredas
Corporación Autónoma Regional- CAR	Dra. Diana Delgado	Cooperante	Director del Laboratorio de Innovación Ambiental Regional Mosquera	Recolección de muestras y desarrollo de análisis químico en el laboratorio
Alcaldía de Pacho	Ingeniera Lida Alfonso	Cooperante	Profesional de apoyo secretaria de Gobierno de PScho	Socialización del proyecto con autoridades regionales
Corporación Autónoma Regional- CAR	Dr. Ricardo Moreno	Cooperante	Abogado CAR	Gestión del Acuerdo de confidencialidad
UNIMINUTO	Dr Ricardo Osorio	Ejecutor proyecto	Abogado UNIMINUTO	Gestión del Acuerdo de confidencialidad
Corporación Autónoma Regional- CAR	Ingeniero Ramiro Cuervo	Cooperante	Muestreador de la CAR Regional Mosquera	Muestreador en campo
<b>Fuente:</b> elaboración propia				

En la **Tabla 3** se muestran los miembros de la comunidad que formaron parte del proyecto en las veredas estudiadas.

<b>Tabla 3.</b>	<b>Participantes por parte de las comunidades</b>		
<b>Orden</b>	<b>Actor</b>	<b>Características</b>	<b>Tipo de contribución o impacto</b>
Propietario	René Triana	Predio ubicado en la vereda Murca en el municipio de La Palma	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Néstor Calvo	Predio ubicado en la vereda Murca en el municipio de La Palma	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Heraldo Triana	Predio ubicado en la vereda El Ortigal en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Óscar Vanegas	Predio ubicado en la vereda El Ortigal en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Luz Marina Mahecha	Predio ubicado en la vereda La Bruja en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Carlos Fernández	Predio ubicado en la vereda La Bruja en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Jairo Casallas	Predio ubicado en la vereda Guayacán en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Diana Ropain - Sra Gloria	Predio ubicado en la vereda Guayacán en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Tirso Gómez	Predio ubicado en la vereda Guayacán en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Dora Rojas	Predio ubicado en la Vereda La Hoya en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Hilda Silva	Predio ubicado en la vereda La Hoya en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio

<b>Tabla 3. Participantes por parte de las comunidades</b>			
<b>Orden</b>	<b>Actor</b>	<b>Características</b>	<b>Tipo de contribución o impacto</b>
Propietario	René Rojas	Predio ubicado en la vereda La Hoya en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
Propietario	Régulo Rojas	Predio ubicado en la vereda La Cuesta en el municipio de Pacho	Autorización para realizar la caracterización ambiental del predio
<b>Fuente:</b> elaboración propia			

Con la implementación de la IAP, junto a las comunidades, se reconoció su territorio, la ubicación de fuentes hídricas, y núcleos forestales en las veredas, el aprovechamiento de la guadua en los predios, las tradiciones culturales del corte de la guadua, los componentes ambientales de las zonas rurales escogidas y su visión de la importancia ambiental de la guadua desde los componentes biótico, abiótico, social, físico, y antrópico. El 100% de los participantes reconoció al menos un servicio ecosistémico de la guadua, el cuidado y prevención de la erosión del suelo y la conservación del recurso hídrico fue el más representativo entre ellos, ya que los guaduales fueron dibujados alrededor de las fuentes hídricas en los mapas.

Los guaduales de los municipios de La Palma y Pacho presentan una gran variedad de especies de fauna y flora y son proveedores de servicios ecosistémicos como regulación hídrica, refugio de fauna silvestre y conservación del suelo, entre otros. Las familias de las veredas reconocen la guadua como un recurso del territorio que siempre ha permanecido en las historias de su vida, y que era usada para elaborar artesanías o para usos domésticos por sus ancestros. Así mismo, identifican la variedad de sus usos principalmente en sus fincas, donde la usan como cercas para viviendas, material para la elaboración de porquerizas y gallineros. También conocen algunos productos a partir de los cuales se generan ingresos, tales como la construcción

de viviendas y las mencionadas artesanías. Sin embargo, aún desconocen cómo elaborar estos productos por que muy pocos han participado en espacios de formación especializada para el tratamiento de la guadua.

Con el desarrollo del proyecto que dio origen a esta cartilla se identificó que los participantes se caracterizan por su sentido de identidad con el territorio, así como por poseer conocimientos ancestrales y tradicionales entorno al aprovechamiento de la guadua y otros recursos nativos, como la “palmicha”, considerada de importancia para la alimentación y con potencial para desarrollo de productos. Pero, a nivel de relevo generacional, hay poca participación de la población joven de la región, cerca del 90% de los participantes tenían una edad promedio de 40 a 60 años, y afirmaron que sus familiares viven en el centro de los municipios (especialmente en el caso de Pacho) o en la ciudad, y que van de visita a sus viviendas.

**Figura 1.** Participación de las comunidades en actividades de cartografía social



**Fuente:** elaboración propia

La comunidad reconoce que los guaduales presentan un atractivo turístico para la región. En el caso particular del municipio de La Palma establecimientos que ofrecen servicios de balneario, hospedaje y restaurante se ubican de forma preferente alrededor de los guaduales, para aprovechar sus servicios ecosistémicos culturales. Ahora bien, el aprovechamiento y uso de estos recursos se ve afectado por la calidad y estado de las vías de acceso a los municipios: dadas sus malas condiciones de mantenimiento, el transporte hacia mercados regionales y departamentales es deficiente, situación que también compromete la llegada de turistas.

El recurso hídrico es un elemento del ecosistema primordial y significativo, porque sus actividades están determinadas por la cuenca hídrica del río Negro, principal afluente y proveedor de agua para la región. La comunidad es consciente de la importancia del río y sus vertientes: reconoce las afectaciones que sufre este recurso natural debido a la minería de carbón presente en el territorio, el uso de agroquímicos y la utilización de pesticidas en

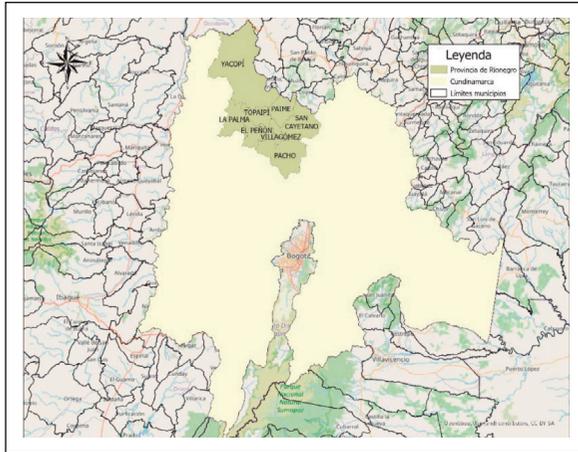
las actividades agrícolas. En este mismo sentido, los participantes de la investigación que dio origen a esta cartilla reconocieron que la creciente del río Negro afecta las actividades productivas y trae consigo inundaciones y derrumbes. Frente a ello, la guadua es un recurso clave para contrarrestar afectaciones de remoción en masa en la región.



# RIONEGRO, NUESTRO TERRITORIO PARA LA GUADUA

La provincia de Rionegro es una de las 15 del Departamento de Cundinamarca. Se encuentra ubicada en el noroccidente del Departamento y cuenta con 8 municipios: El Peñón, La Palma, Pacho, Paima, San Cayetano, Topaipí, Villagómez y Yacopí (Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas - Cepec, 2011). Tiene una extensión de 2.354 km<sup>2</sup>, por lo que se reconoce como la segunda provincia más grande de Cundinamarca.

**Figura 2.** Ubicación de la zona de Rionegro en Cundinamarca

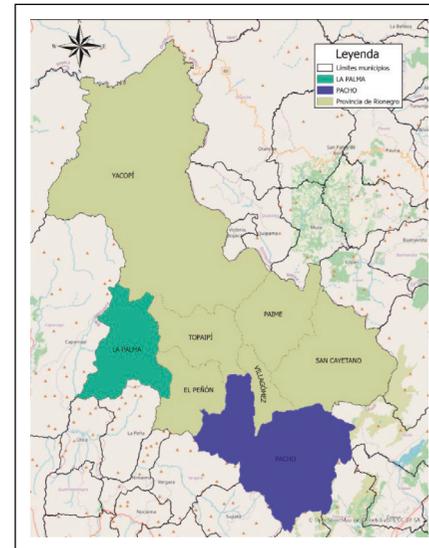


**Fuente:** Observatorio de Innovación Social, PCIS- UNIMINUTO (2021)

La región se caracteriza por su diversidad de flora y fauna, y por la presencia de diversos climas; cuenta con el Páramo de Guerrero en el municipio de Pacho, mientras en el municipio de Yacopí alcanza temperaturas de entre los 18° C a 28° C. En esta provincia, es muy común observar

guadales naturales sobre la cuenca del río Negro. Dos de los municipios que cuentan con guadales en su territorio son Pacho y La Palma.

**Figura 3.** Regiones de Pacho y La Palma en Cundinamarca



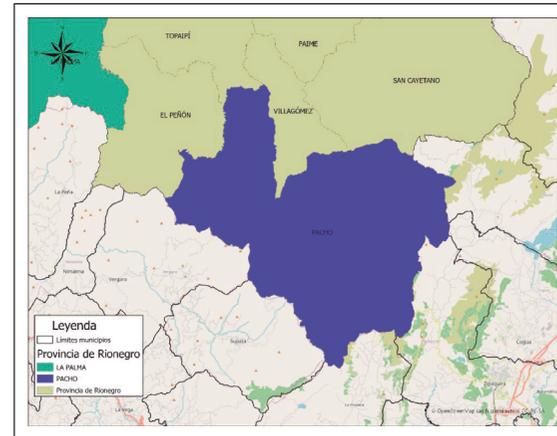
**Fuente:** Observatorio de Innovación Social, PCIS- UNIMINUTO, (2021)

## Descripción de los municipios estudiados

### Pacho

El municipio de Pacho capital de la provincia en cuestión, tiene una extensión de 403 km<sup>2</sup>. Es reconocido como la capital naranjera de Colombia y como pionero en la industria siderúrgica de Latinoamérica. En su territorio confluyen tres pisos térmicos: en el casco urbano se presentan temperaturas que oscilan entre 14°C y 25°C, mientras que en el noroeste el clima es más lluvioso y cálido, razón por la cual la precipitación oscila aproximadamente entre 500 - 1.500 mm anuales (Ideam, 2010).

**Figura 4.** Ubicación del municipio de Pacho



**Fuente:** Observatorio de Innovación Social, PCIS- UNIMINUTO, (2021)

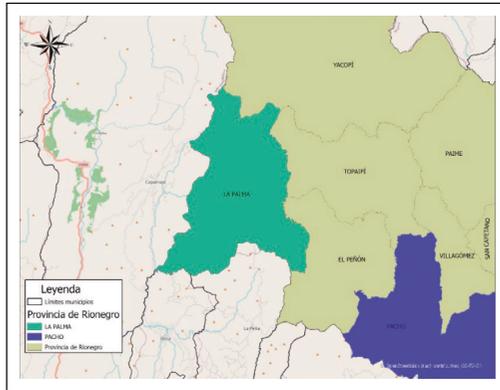
En 2021, Pacho contaba con 26.828 habitantes, 13.677 de las cuales eran mujeres y 13.151 hombres. 20,7% contaba para entonces con 15 a 29 años. Sin embargo, según la Alcaldía Municipal de Pacho (2020), se evidenció un aumento de la población de edades superiores a 60 años. En cuanto a la estructura familiar, 56 % de los jefes de hogar eran hombres, frente a un 49% de las mujeres que asumían el mismo rol.

Según el Departamento nacional de Planeación (DNP, 2021), la economía de Pacho está desarrollada en función de actividades del tercer sector en un 53,30% dentro de las cuales se encuentra el desarrollo turístico, el comercio y el transporte, a estas las siguen las actividades primarias dentro de la economía agropecuaria, con un 37,23%. En efecto, el desarrollo de cultivos como la naranja, mandarina, papa, y maíz, entre otros, forman parte importante de las actividades productivas de los habitantes de la región.

En años recientes, Pacho se ha convertido en un municipio con potencial para el desarrollo turístico sostenible, dadas su alta riqueza hídrica y los paisajes enriquecidos con especies como arrayanes, carboneros, cedros de tierra fría, y rodamonte panglona, entre otras (Secretaría Municipal de Desarrollo Económico y Turismo, 2018), pues a nivel ambiental, este territorio cuenta con 2.564 hectáreas de ecosistemas estratégicos, distribuidos en 158 correspondientes a humedales y 2.406 a páramos.

## La Palma

El municipio de La Palma se encuentra ubicado en a 150 km de Bogotá, en el noroccidente de Cundinamarca. Tiene una extensión de 191 km<sup>2</sup> y se caracteriza por ser templado húmedo; oscila entre los 18°C y los 21°C (Ideam, 2010). La geografía del municipio se reconoce por ser montañosa y rodear el río Negro y por la presencia del río Murca. El municipio a 2021 contaba con 10.200 habitantes, 5.289 de los cuales eran hombres y 4.911 mujeres. (DNP, 2020)

**Figura 5.** Ubicación del municipio de La Palma

**Fuente:** Observatorio de Innovación Social, PCIS- UNIMINUTO, (2021)

La Palma es un municipio con una población adulta mayor de gran proporción: 22,33% de sus habitantes se encuentran entre los 55 a 70 años. El 55,3% de los habitantes del municipio habitan en las zonas rurales, frente a un 44,7% en la zona urbana. A nivel económico 46,82%, de las actividades corresponden al sector primario, especialmente, en el desarrollo de actividades como la producción de maíz,

tomate y habichuela, seguido de actividades del tercer sector tales como el comercio y el turismo (DNP, 2020). A nivel ambiental, La Palma es un municipio rico en recurso hídrico: cuenta con ecosistemas como Los Tiestos, La Chorrera y La Hoya Fría, en los que se encuentran diferentes especies nativas que promueven nacimientos de agua. La flora de este municipio se reconoce por la presencia de guamos, robles, nogales, cedros, y guaduales.

Dadas las características ambientales y productivas de estos dos municipios, se observa guadua en el territorio. En la actualidad no hay datos exactos de la cantidad, pero es evidente el potencial que tiene la región para el aprovechamiento de este recurso, porque cuenta con condiciones favorables de clima, temperatura y humedad propicias: los dos municipios estudiados se encuentran en alturas que oscilan entre 500-1500 m.s.n.m, lo que configura un clima templado húmedo con temperaturas de 20°C a 23°C y precipitaciones de 1.800 a los 2.500 mm. Esto hace que el territorio sea óptimo para desarrollar una economía sostenible que beneficie a los habitantes del sector en aras de mejorar sus condiciones de vida.

## Georreferenciación

Este apartado versará sobre la ubicación de los predios obtenida a partir de un ejercicio de georreferenciación. Con esto se mostrarán las condiciones en materia de clima, altitud, condiciones de suelo, agua y ambiente que determinan el desarrollo productivo de los guaduales de los municipios de Pacho y La Palma.

La investigación de la que se deriva esta cartilla tuvo un enfoque social predominante. En esta medida, las comunidades que tenían relación directa con la guadua en el territorio estudiado se erigieron en coinvestigadoras: brindaron sus capacidades y conocimiento sobre las condiciones sociales y económicas que favorecen u obstaculizan el desarrollo productivo de la guadua en la región. En línea con lo anterior, se vincularon al trabajo de investigación los productores de guadua en cuyos predios crecía la planta de forma natural. Su participación fue clave para el desarrollo del estudio en la medida que aportaron sus conocimientos ancestrales y, al mismo

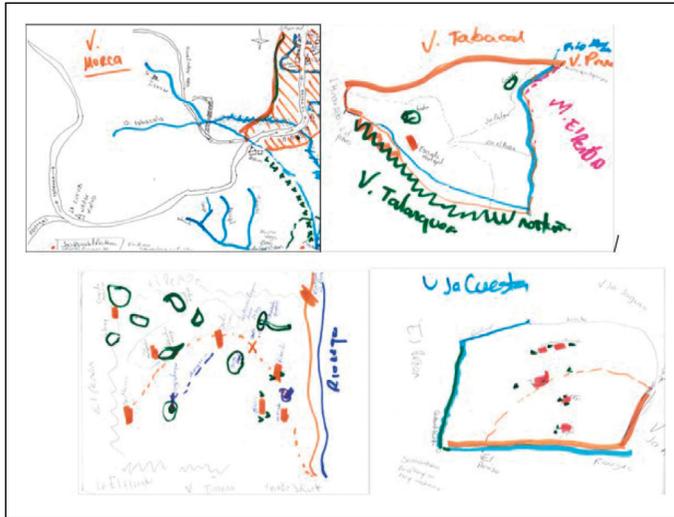
tiempo, adquirieron conocimiento científico que permitió deconstruir paradigmas frente a la planta<sup>1</sup>.

En esta línea se aplicó la metodología de cartografía social con el fin plasmar en un mapa el conocimiento que tienen las comunidades de su territorio en torno a la guadua. En este ejercicio se identificaron aspectos como: la ubicación, los guaduales; los ecosistemas estratégicos que rodea esta planta; y las vías de acceso para realizar las actividades productivas, Con ello se pretendió visibilizar la relación directa entre la existencia de los guaduales y el recurso hídrico, y el modo en que elementos foráneos, tales como la presencia de vías principales cercanas, hace que la planta presente condiciones ambientales alteradas en especial, respecto a la variable del aire (objeto de un apartado posterior de esta obra). La **Figura 6** muestra los ecosistemas y escenarios ambientales relacionados con el cultivo de la guadua que son importantes para las comunidades estudiadas.

---

<sup>1</sup> Algunos de estos paradigmas tienen que ver con que la guadua es una “maleza” y no aporta al desarrollo de la región.

**Figura 6.** Mapas, cartografía social

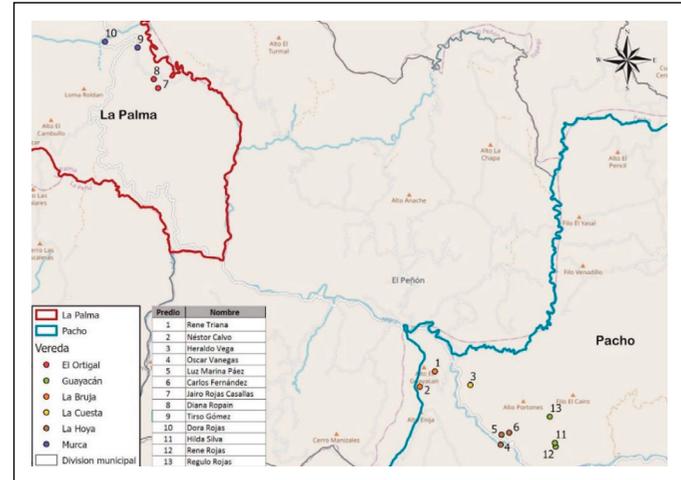


**Fuente:** actores de la comunidad de los municipios de Pacho y La Palma

De forma complementaria, y con el fin de localizar geográficamente los puntos exactos donde se encontraban los participantes de la investigación, se tomaron

puntos de georreferenciación mediante *Global Positioning System* (GPS) de las fincas y se plasmaron sus ubicaciones en una imagen de satélite. La **Figura 7** muestra en el mapa la ubicación de las fincas estudiadas.

**Figura 7.** Ubicación de predios en las zonas estudiadas



**Fuente:** elaboración propia

## Caracterización de las condiciones ambientales en el suelo de los lugares estudiados

La contribución de la guadua a la calidad de los suelos es importante: puede aportar entre 2 y 4 ton/ha/año de biomasa, volumen que varía según el grado de intervención del gradual; esta constituye entre el 10% y el 14% de la totalidad de material vegetal que se genera en un gradual, y es importante por que contribuye a enriquecer y mejorar la textura y estructura del suelo. El aporte anual de biomasa general de un gradual en pleno desarrollo oscila entre 30 y 35 ton/ha/año (Giraldo & Savogal, 1999).

En las sesiones subsiguientes se describirá en detalle las condiciones ambientales que se registraron en los suelos de los lugares seleccionados para el estudio del que se deriva esta cartilla.

## Clima y altitud

Para conocer las condiciones del clima, se realizaron dos muestreos durante tiempo seco. El primero de ellos lo realizó el equipo investigador en conjunto con los propietarios de los predios y personas de la comunidad en junio de 2018; y el segundo, la CAR Cundinamarca (desde la Dirección de Laboratorio de Innovación Ambiental) en octubre de 2020. En la **Tabla 4** se presentan los resultados de las condiciones climáticas en cuanto a temperatura y altitud de las fincas de los participantes.

<b>Tabla 4. Medición de factores Climáticos en Temperatura y Altitud en los predios estudiados</b>					
<b>Predio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>Altitud</b>	<b>Temperatura</b>	
				<b>26 jun - 2018</b>	<b>2 Oct - 2020</b>
V-1	La Palma	Murca	1.103 msnm	18.6°C	20.7°C
V-2			1.238 msnm	19.2°C	20.9°C
V3		El Ortigal	1.146 msnm	23.9°C	20.2°C
V4			1.196 msnm	24.4°C	20.8°C
V5	Pacho	La Bruja	1.365 msnm	22°C	20.9°C
V6			1.313 msnm	21.7°C	21°C
V7		Guayacán	1.585 msnm	18.7°C	20.7°C
V8			1.279 msnm	21.1°C	20.7°C
V9			1.333 msnm	22°C	20.7°C
V10		La Hoya	990 msnm	24.8°C	20.9°C
V11			1.149 msnm	25.4°C	20.9°C
V12			1.123 msnm	25.3°C	20.9°C
V13			La Cuesta	1.233 msnm	25.9°C

**Fuente:** elaboración propia

Las condiciones del clima de las cuatro veredas del municipio de Pacho y las dos veredas del municipio de La Palma se encuentran dentro de los parámetros favorables para el desarrollo de la guadua en la región. Recuérdese al respecto que la guadua crece en “suelos fértiles y sueltos entre los 500 y 1.500 metros, con temperaturas entre

17°C y 26°C, precipitaciones de 1200-2500mm/año, 0 y 1700 metros sobre el nivel del mar” (Salas, 2006, p. 48), la tabla anterior muestra que las temperaturas del territorio se ajustan a lo expresado por Salas; oscilaron entre 18°C y los 25°C durante las dos mediciones citadas.

### Humedad y textura del suelo

La humedad del suelo fue determinada en los laboratorios de la sede Bogotá de la corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO utilizando la Norma Técnica Colombiana 1495, que describe los métodos de ensayo para determinar esta condición en suelos y rocas con base en la masa. En un suelo moderadamente ácido con pH 5.1- 6.5, las plantas de guadua cultivadas absorben los nutrientes de la mejor manera posible; así mismo, crecen con más resistencia en suelos de esta naturaleza o de pH neutro (Castaño & Moreno, 2004, p. 61). En el caso de los municipios de Pacho y La Palma, los suelos utilizados son moderadamente ácido (pH entre 5-6), esto es, poseen condiciones ideales para el cultivo de la guadua.

La textura, por su parte, se define como la proporción en peso de arcilla (Ar), el limo (L) y la arena (A), que conforman la masa del suelo. Según Castaño & Moreno, (2004, p. 59) la textura del suelo influye en el crecimiento de la guadua porque contribuye a su fertilidad, y los muy arcillosos dificultan la expansión de las raíces, tienen menor drenaje y menos aireación. Un suelo franco tiene una buena proporción de arcilla, limo y arena, y es franco-arenoso si presenta mayor proporción de arena con respecto a los otros elementos. La guadua crece bien en suelos con textura franco-limosa, franco-arcillosa y franco-arenosa, aunque se desarrolla mejor en los de textura franco arcillo-limosa que en los franco-arenosos.

Como lo expresa Sánchez (2019), los suelos francos presentan un buen comportamiento para el desarrollo de plantas de bambú. Al respecto, el 66% de los suelos en **Pacho** presentan características franco- arcillosa; y en **La Palma** el 50% presentan características que permite clasificarlos como francos. Esto es, son viables para el desarrollo de la guadua, de acuerdo con el autor citado (**Tabla 5**).

<b>Tabla 5.</b>	<b>Parámetros de humedad medida en porcentaje</b>				
<b>Predio</b>	<b>Humedad %</b>	<b>PH</b>	<b>Densidad aparente g/cc</b>	<b>Según Pritchett (1990),</b>	<b>% textura</b>
V-1 -96	7.9	6.0	1.3	Media	Franco Arcilloso
V-2-95	25	5.0	1.0	Baja	Franco
V3-94	27.7	6.1	0.8	Muy Baja	Arcilloso
V4-93	29.4	5.3	1.0	Muy baja	Arcilloso
V5-88	11.7	5.8	1.1	Muy baja	Franco Arcilloso
V6-87	17	5.3	1.1	Muy baja	Franco Arcilloso
V7-99	11.2	5.8	1.4	Media	Arcilloso
V8-98	9.4	7.0	1.1	Muy baja	Franco Arcilloso
V9-97	22.9	7.9	0.9	Muy baja	Franco Arcillo arenoso
V10-90	4.6	5.8	1.4	Media	Franco Arcilloso
V11-91	5.3	6.2	1.4	Media	Franco Arcilloso
V12-92	3.1	5.6	1.3	Media	Franco Arcilloso
V13-89	17.5	5.5	1.1	Muy baja	Franco Arcilloso

**Fuente:** elaboración propia

Para los suelos derivados de cenizas volcánicas la densidad aparente (DA) es una propiedad que esta estrechamente ligada con la compactación, la porosidad, la circulación del agua y aire en el suelo. Conocer este valor es de gran interés para efectos del desarrollo de los cultivos de *Guadua Angustifolia Kunth*.

Según Pritchett (1990, p. 364) la densidad aparente se clasifica en ciertos rangos:

- < 1: muy baja
- 1.0 y 1.2 Baja
- 1.2 y 1.4 mediana

La densidad aparente (DA) de las fincas estudiadas, se clasificaría entre baja y media, debido a que los suelos se han formado de materiales volcánicos característico del territorio. Cabe aclarar, que en algunos de los predios la

DA tiende a ser media por factores que tienen lugar cerca a los guaduales, tales como la presencia de carreteras, el pisoteo propio de la ganadería y la misma acción antrópica del hombre.

### Capacidad de intercambio catiónico

Por intercambio catiónico se entiende los procesos reversibles en que las partículas sólidas de los suelos adsorben iones de la fase acuosa y, al mismo tiempo, desadsorben cantidades equivalentes de otros cationes, con lo que se establece un equilibrio entre ambas fases. De acuerdo con Fassender (1984, p. 398) este intercambio catiónico se puede clasificar así:

- <5 muy bajo
- 5-15 bajo
- 15-25 medio
- 25-40 alto

Las propiedades de los suelos derivados de cenizas, tiene especial relevancia en el comportamiento mecánico y aplicaciones de la guadua en el campo de la ingeniería. Estas propiedades incluyen algunas de carácter físico, tales como el tamaño y la superficie específica de las partículas; y otras de carácter químico que definen la dispersión de partículas, tales como la sedimentación, los cationes y aniones solubles, el pH, la capacidad de intercambio catiónico, la conductividad eléctrica presente en los poros de los suelos, y la interacción

de la fase sólida y líquida. Estas definen, a su turno, las propiedades del suelo como sistema: porosidad, plasticidad, capacidad de retención del agua, y la conductividad térmica (Herrera, 2006, p. 42).

El análisis de la capacidad de intercambio catiónico en suelos se realizó utilizando la Norma Técnica Colombiana 5268 bajo la titulación de bureta digital, los resultados se muestran en la **Tabla 6**

Predio	Resultados de suelo para intercambio catiónico en los predios estudiados			
	Municipio	Vereda	Capacidad de intercambio catiónico meq / 100g suelo seco	
			Laboratorio	Fassbender 1975
V-1	La Palma	Murca	14.00	Bajo
V-2			24.19	Medio
V3		El Ortigal	3.22	Muy Baja
V4			25.52	Alta
V5	Pacho	La Bruja	23.45	Alta
V6			24.13	Alta

<b>Tabla 6.</b>		<b>Resultados de suelo para intercambio catiónico en los predios estudiados</b>		
<b>Predio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>Capacidad de intercambio catiónico meq / 100g suelo seco</b>	
			<b>Laboratorio</b>	<b>Fassbender 1975</b>
V7		Guayacán	13.87	Bajo
V8			25.80	Alta
V9			27.52	Alta
V10		La Hoya	15.65	Mediana
V11			15.03	Mediana
V1		La Cuesta	8.00	Baja
V13			23.12	Alta

**Fuente:** elaboración propia

Los datos de los ensayos muestran que los suelos de Rionegro presentan características variadas de compactación relacionadas con las propiedades específicas de las fincas, tales como la presencia de arcillas e hidróxidos. Esto lleva a definir diferentes reacciones químicas, producto de las dinámicas propias de los suelos derivados de cenizas volcánicas presentes en el territorio.

Las propiedades de los suelos derivados de cenizas, tiene especial relevancia en el comportamiento mecánico y aplicaciones en ingeniería. Estas propiedades incluyen algunas de carácter físico como el tamaño y la superficie específica de las partículas; y otras de orden químico que definen el comportamiento dispersivo de las partículas, tales como la sedimentación, los cationes

y aniones solubles, el pH, la capacidad de intercambio catiónico y la conductividad eléctrica presente en los poros de los suelos. Las propiedades relacionadas con la interacción entre la fase sólida y líquida, a su turno, definen las propiedades del suelo. Entre ellas se encuentra porosidad, plasticidad, capacidad de retención del agua, y conductividad térmica (Herrera, 2006, p. 42)

## Fósforo disponible en el suelo

En aras de determinar las condiciones de suelo presentes en el territorio, se llevó a cabo un análisis de laboratorio (según la Norma Técnica Colombiana 5350) que permite determinar el fósforo disponible en el suelo. La valoración de este último, junto con la de otros nutrientes, indica como se encuentra el suelo en cuanto a fertilidad.

<b>Tabla 7. Fósforo disponible en el suelo en predios de estudio</b>						
<b>Predio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>Fósforo disponible mg/kg-ppm*</b>	<b>Niveles de P Castaño &amp; Moreno 2004</b>	<b>K ppm</b>	<b>Niveles de K Según Simón Vélez (2006)</b>
V-1	La Palma	Murca	36.75	Alto	0.01	Muy bajo
V-2			7.11	Bajo	1.03	Muy bajo
V3		El Ortigal	0.31	Muy Bajo	1.91	Muy bajo
V4			7.10	Bajo	1.21	Muy bajo
V5	Pacho	La Bruja	11.06	Bajo	1.99	Muy bajo
V6			2.93	Bajo	273	Muy bajo
V7		Guayacán	6.10	Bajo	0.01	Muy bajo
V8			8.70	Bajo	0.01	Muy bajo
V9			1.94	Bajo	0.00	Muy bajo

<b>Tabla 7. Fósforo disponible en el suelo en predios de estudio</b>						
<b>Predio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>Fósforo disponible mg/kg-ppm*</b>	<b>Niveles de P Castaño &amp; Moreno 2004</b>	<b>K ppm</b>	<b>Niveles de K Según Simón Vélez (2006)</b>
V10	Pacho	La Hoya	30.13	Alto	3.05	Muy bajo
V11			6.21	Bajo	2.68	Muy bajo
V1			4.70	Bajo	1.92	Muy bajo
V13		La Cuesta	1.61	Bajo	2.03	Muy bajo
*(1 mg/l = 1 ppm) Fuente: elaboración propia						

La fertilidad de los suelos en términos nutricionales se demuestra en los macronutrientes. Los elementos del fósforo, potasio y nitrógeno son elementos requeridos por las plantas para tener un crecimiento óptimo, en especial para el proceso de producción de energía. El fósforo en particular, ayuda al buen crecimiento de las plantas, y favorece la formación de raíces fuertes y abundantes (Macias & Neira, 2005). En términos de elementos nutricionales, el nivel de fertilidad de los suelos es un condicionante del buen desarrollo de la guadua: cuanto más alto sea su valor, mayor será el crecimiento de la planta. Los contenidos de fósforo (P) para cultivarla pueden oscilar de medios a bajos entre 20-30 ppm (Castaño & Moreno, 2004, p. 62).

Según los datos visibles en la **Tabla 7**, los suelos de las veredas estudiadas presentan, en su mayoría valores bajos en este sentido.

En términos generales, los suelos de las veredas presentan valores muy variados en cuanto a la presencia de los elementos químicos nombrados. El rendimiento de los cultivos de la guadua podría verse afectados en los predios que ostentan valores bajos en cuanto al contenido de fosforo y potasio; es recomendable, que los cultivos afectados por esta situación apliquen fertilizantes fosfatados, con el fin de aumentar el nivel de fósforo aprovechable en el suelo.

El análisis de macronutrientes en la región estudiada, cuyos resultados se presentan en la **Tabla 8**, se llevó a cabo a partir de la Norma Técnica Colombiana 3934 (Determinación de metales pesados en el suelo), con el equipo 7600DUO.

<b>Tabla 8.</b>		<b>Macronutrientes en los suelos de estudio</b>				
<b>Predio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>Ca ppm</b>	<b>Na ppm</b>	<b>Mg ppm</b>	<b>Según Simón Vélez (2006)</b>
V-1	La Palma	Murca	0.19	0.02	0.01	Muy Bajo
V-2			0.04	0.01	0.01	Muy Bajo
V3		El Ortigal	0.27	0.03	0.01	Muy Bajo
V4			0.13	0.02	0.0	Muy Bajo
V5	Pacho	La Bruja	0.23	0.01	0.01	Muy Bajo
V6			0.15	0.01	0.01	Muy Bajo
V7		Guayacán	0.29	0.05	0.05	Muy Bajo
V8			0.97	0.02	0.12	Muy Bajo
V9			5.20	0.0	0.03	Muy Bajo
V10		La Hoya	0.18	0.03	0.01	Muy Bajo
V11			0.20	0.04	0.01	Muy Bajo
V12			0.08	0.02	0.0	Muy Bajo
V13		La Cuesta	0.23	0.02	0.01	Muy Bajo

**Fuente:** elaboración propia

Vélez define que algunos de los suelos de guadua ostentan niveles moderados de potasio, niveles muy bajos de sodio y niveles medios en calcio en suelos derivados de cenizas volcánicas (Salas, 2006, p. 66). En este sentido, el Calcio es un estimulante del crecimiento radicular, forma parte de la pared celular y es activante de enzimas. Este elemento juega un papel importante en la resistencia natural de las plantas al ataque de patógenos. Las células de plantas deficientes en calcio presentan una débil pared celular, siendo fácilmente afectadas por hongos y bacterias fitopatógenas. (Toledo, 2016, p. 99). Por su parte, el magnesio es absorbido por las plantas en forma iónica divalente, ( $Mg^{+2}$ ). Este nutriente forma parte de la clorofila, por lo que su papel dentro de la fotosíntesis es fundamental; su deficiencia es notoria en las hojas viejas, que adquieren un tono amarillento, pero manteniendo las venas verdes (Toledo, 2016, p. 100). El sodio, a su turno, este es absorbido por las plantas desde el agua del suelo en forma de ion monovalente ( $Na^{+1}$ ) y es especialmente necesario en ciertas especies de plantas tropicales. Su deficiencia en las plantas causa amarillamientos, y mal desarrollo de las flores (Thompson & Troeh, 1982).

Visto lo anterior, y según el análisis de laboratorio, los macronutrientes se presentan en niveles muy bajos, en los suelos estudiados. De ello puede derivarse que la guadua padezca enfermedades continuas por la presencia de hongos y bacterias, que la contextura de las hojas cambie, o que el desarrollo de sus flores sea deficiente. De acuerdo con Toledo (2016), existen nutrientes que las plantas usan en grandes cantidades, como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, pero hay algunos suelos que no los tienen en cantidades suficientes. La disponibilidad de estos elementos está relacionada con el pH del suelo, por lo que, cualquiera que fuese el tipo de cultivo sería necesario suplir la usencia de estos mediante fertilización- en especial el nitrógeno, fósforo y potasio (Toledo, 2016, p. 75).

## Elementos menores

Los elementos menores o micronutrimientos son un grupo de elementos esenciales que las plantas requieren en muy pequeñas cantidades. Los elementos menores aceptados por la mayoría de los investigadores son: hierro (Fe),

manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), y molibdeno (Mo). Los microelementos deben ser estudiados también como posibles factores tóxicos en el suelo; los análisis de esta naturaleza permiten establecer las poluciones resultantes de actividades industriales, mineras, o de transporte.

<b>Tabla 9.</b>	<b>Elementos menores en los suelos de estudio</b>					
<b>Predio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>B ppm</b>
V-1 -96	La Palma	Murca	4.55	57.40	3.34	0.73
V-2-95			1.00	3.21	1.03	0.32
V3-94		El Ortigal	0.67	17.17	1.91	0.48
V4-93			1.08	29.85	1.21	0.42
V5-88	Pacho	La Bruja	2.48	16.71	1.99	0.52
V6-87			1.00	49.00	2.73	0.53
V7-99		Guayacán	2.61	19.80	1.88	0.46
V8-98			3.62	37.50	1.91	0.66
V9-97			1.19	40.40	0.13	0.16
V10-90		La Hoya	1.80	15.64	3.05	0.84
V11-91			3.37	16.19	2.68	0.69
V1-92			1.580	7.66	1.92	0.50
V13-89		La Cuesta	2.24	22.44	2.03	0.63

**Fuente:** elaboración propia

En general, los promedios de elementos menores contenidos en los suelos donde se encuentra la guadua son altos a excepción del boro, cuyos niveles son medios. De acuerdo con Salas (2006, p. 67), el nivel de cobre en el suelo debe oscilar entre 1 y 5 ppm para el desarrollo óptimo de la guadua; el hierro entre 280 y 300 ppm; el del manganeso entre 8 y 10 ppm; y el del boro, entre 0.15 y 0.20 ppm. En este sentido los datos de la **Tabla 9** muestran que, en los suelos estudiados, el cobre se encuentra en los rangos establecidos; el manganeso y el boro en rangos muy altos; el hierro en niveles muy bajos. El contenido de los elementos menores en la solución del suelo es bastante pequeño y muchas veces está por debajo de los límites de determinación los métodos analíticos; igualmente, presentan características muy diferentes rocas madres del suelo y los minerales que la constituyen (Marín, 1977, p. 188).

### Densidad aparente y Conductividad del suelo

La densidad aparente es una variable importante para evaluar el grado de compactación de los suelos. Esta disminuye significativamente los sistemas donde los

contenidos de materia orgánica son altos y las densidades reales de los materiales que la conforman son bajas.

Los análisis de distribución o clasificación de agregados de acuerdo con el tamaño muestran que las partículas estructurales del suelo de un guadua se catalogan como “muy finas”, con un diámetro medio ponderado de 3.63 mm. Conforme aumenta el tamaño de las partículas en el suelo, se reduce la agregación y la estabilidad; ello permite que las partículas de menor tamaño y agentes agregantes sean arrastrados con mayor facilidad por el agua, lo que aumenta el grado de erosión y disminuye la fertilidad de los suelos (Salamanca & Khalajadaby, 2005).

La densidad aparente analizada con los parámetros ASTM D 2937-17e2 es una variable importante para evaluar, ya que esta observa el grado de compactación de los suelos, y permite determinar aspectos relacionados con el uso y manejo del guadua, la susceptibilidad a la erosión, el movimiento y distribución del agua y del aire y la facilidad o dificultad para la labranza. Según Salas (2006, p. 62), el promedio de la variable permite conocer que, para

un agrosistema productivo, este debería encontrarse entre 0.98 y 1.05 gr/ cm<sup>3</sup>.

Al comparar los datos de los suelos estudiados (**Tabla 10**) con las especificaciones de la densidad de compactación del suelo, estos obtendrán valores inferiores

respecto de los rangos establecidos. Esto indica que el contenido de materia orgánica es bueno si se considera que cuando la densidad aparente es superior a 1,6 gr/ cm<sup>3</sup> , la aireación del suelo estará limitada; mientras que valores inferiores a 1.0 gr/cm<sup>3</sup> indicarían altos contenidos de materia orgánica (Jaramillo, 2013, p. 19).

<b>Tabla 10.</b>		<b>Densidad aparente -Conductividad en suelos</b>			
<b>Predio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>pH/ Conductividad en suelos ds/m</b>	<b>Densidad aparente g/cc</b>	
V-1	La Palma	Murca	0.041	1.3	
V-2			0.039	1.0	
V3		El Ortigal	0.031	0.8	
V4			0.035	1.0	
V5	Pacho	La Bruja	0.028	1.1	
V6			0.020	1.1	
V7		Guayacán	0.021	1.4	
V8			0.048	1.1	
V9			0.079	0.9	
V10		La Hoya	0.019	1.4	
V11			0.013	1.4	
V12			0.019	1.3	
V13			0.026	1.1	
<b>Fuente:</b> elaboración propia					

La conductividad eléctrica (analizada bajo los parámetros de la Norma Técnica Colombiana 5596), por su parte, esta es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo. Su resultado se da en milimhos/cm o dS/cm y también en micromhos/cm. Los suelos con elevadas conductividades eléctricas impiden el buen desarrollo de las plantas, ya que contienen una alta cantidad de sales. Cada cultivo es capaz de sobrevivir en rangos diferentes de conductividad, según el tipo de sales que tenga el suelo. Sin embargo, se pueden brindar algunos rangos generales al respecto (**Tabla 11**).

<b>Tabla 11.</b>	<b>Rangos de conductividad</b>
<b>Micromhos/cm</b>	<b>Estado</b>
< 500	Buen desarrollo
500-1000	Presenta problemas en algunos cultivos
> 1000	Dificultades en muchos cultivos
<b>Fuente:</b> Garrido (1994)	

Los guaduales se caracterizan por tener una conductividad que se clasifica como “muy rápida”: en sus suelos, el agua se infiltra sin presentar problemas de encharcamiento, el

paso de fluidos es más rápido en suelos no compactados y con mayores contenidos de materia orgánica, donde existe buena porosidad y el tamaño de los agregados es mayor (Salas, 2006, p. 65). Al comparar los datos tomados en laboratorio, con lo dicho por Garrido (1994, p. 23) los suelos se encuentran, en general, con una conductividad eléctrica muy baja. Esto permite clasificarlos como no salinos, condición que beneficia los guaduales por que la salinidad de los suelos restringe las actividades agrícolas, al margen de las dimensiones del terreno en que se ejecuten; ello provoca la disminución de la capacidad productiva de los suelos y rendimiento de los cultivos, en detrimento de la calidad ecológica del medio ambiente (Mata, *et al.*, 2014).

### Caracterización de la relación de precipitación

Por lo general, la guadua se desarrolla en lugares cuya pluviosidad oscila entre 950 mm y 5.000 mm anuales, y los mejor desarrollados se ubican en sitios donde esta asciende a 1.800 - 2.500 mm anuales. La zona andina presenta dos periodos lluviosos de cuatro meses cada uno, lo que favorece el desarrollo de la guadua en estas

regiones. (Castaño & Moreno, 2004, p. 55). Frente a esto, los datos reportados en 2018 por las estaciones meteorológicas Vocacional pacho y los Tiestos en La Palma muestran que la precipitación en estas zonas se encuentra dentro de los rangos que favorece el cultivo de la guadua.

## Caracterización de las condiciones ambientales del aire y del recurso hídrico en los lugares estudiados.

### Calidad del aire

Con el fin de conocer el estado del aire en los espacios estudiados, se realizó una medición de su calidad, basada en lo consignado en la Resolución 2254 del 1 de noviembre del 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, 2017), a través de la cual se adoptó la norma de la calidad del aire y se establecieron otras disposiciones frente al tema.

La medición se llevó a cabo con instrumentos y medidores portátiles especializados para la toma de muestra en campo, utilizando datos de concentraciones de formaldehído (HCHO), compuestos orgánicos volátiles (TVOC), Material particulado (PM<sub>2.5</sub>), temperatura y humedad registrada en los guaduales estudiados. Los datos obtenidos se relacionaron con los niveles de calidad permisible del aire establecidos por el MADS. Dado el registro de los datos de los efectos sensoriales definidos para los compuestos orgánicos volátiles COVS y MP (**Tabla 12**), la calidad del aire en las zonas estudiadas es buena. Sin embargo, en las mediciones realizadas en campo se observaron flujo de productos de combustión utilizados en la quema de carbón, vehículos pesados en carretera y maquinaria que funciona con ACPM, los cuales podría afectar el desarrollo del cultivo.

<b>Tabla 12. Medición calidad del aire medición de valores PM 2.5 y TVOC</b>						
<b>Predio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>Valor Calidad PM 2.5 micras</b>	<b>Estado</b>	<b>Valor de TVOC</b>	<b>Rango exposición &lt;0.2-3 mg/m<sup>3</sup></b>
V-1	La Palma	Murca	15	B*	0.074	NA**
V-2			3	B	0.070	NA
V3		El Ortigal	2	B	0.100	NA
V4			5	B	0.070	NA
V5	Pacho	La Bruja	1	B	0.323	NA
V6			3	B	0.104	NA
V7		Guayacán	5	B	0.246	NA
V8			4	B	0.206	NA
V9			5	B	0.081	NA
V10		La Hoya	4	B	0.162	NA
V11			2	B	0.090	NA
V1			3	B	0.128	NA
V13			La Cuesta	1	B	0.290

**\*B= Buena \*\*NA: no presenta afectación**  
**Fuente:** elaboración propia

Debido a la cantidad de guaduales que existen en la provincia de Rionegro, y por encontrarse estos en una región tropical, su cultivo constituye una estrategia de mitigación del calentamiento global, en consonancia con lo propuesto por Umaña (2009). En América la guadua contribuye a la conservación y mejoramiento de la calidad del aire: captura dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se encuentra en el ambiente y lo traslada a su ciclo biológico, reteniéndolo durante determinado período en su estructura; es esta función de reservorio la que aporta positivamente a mitigar el cambio climático. El bambú absorbe el exceso de CO<sub>2</sub> en el aire con tres o cuatro veces más eficacia que cualquier otro árbol, al tiempo que posee capacidad de limpiar la contaminación de aguas residuales, por cuanto absorbe nitrógeno, fósforo y metales pesados.

## Recurso Hídrico

El recurso hídrico en la región de Rionegro se ve afectado por las acciones indiscriminadas del hombre para explotar el suelo, ya que destruye y contamina la zona de recarga hídrica existente. El manejo de los cultivos de papa, la

minería de carbón y la ampliación de praderas para ganadería han afectado considerablemente el ecosistema a tal punto que, de no detener este avance voraz, en menos de 10 años se comprometerá el suministro de agua para los pobladores del resto de la región (Alcaldía Municipal de Pacho, 2018, p. 31).

Respecto de las zonas estudiadas, los muestreos se realizaron en los cuerpos de agua cercanos a los lugares donde se encuentran los núcleos forestales de guadua, Así entonces, se empleó una metodología de aforo volumétrico y vadeo con el equipo automático Flowtracker de manera aleatoria en los municipios de Pacho y La Palma, a partir de lo estipulado en el Artículo 38 del Decreto 1594 de 1984, que versa sobre los criterios de calidad admisibles frente a la destinación del recurso hídrico para consumo humano (Presidencia de la República, 1984).

Los muestreos superficiales se tomaron con caudal registrado entre 0.30 a 0.67 lps, y una temperatura del agua que oscilo entre 19.9°C y 20.8°C. Los análisis de realizaron

inicialmente en campo y se corroboraron con los presentados por el Laboratorio de Innovación Ambiental de la CAR. El análisis comparativo del muestreo del recurso hídrico, a su turno, se realizó de fuentes de agua que acompañan los guaduales en la región. Para este se tomaron como base

los criterios admisibles frente a la destinación del recurso hídrico para uso agrícola, consignados en el Artículo 40 del Decreto citado anteriormente (Presidencia de la República, 1984). La **Tabla 13** muestra los resultados.

<b>Tabla 13. Reporte de laboratorio de fuentes de agua que acompañan los guaduales en Pacho y La Palma</b>							
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método analítico</b>	<b>Decreto 1594/84 Admisible</b>	<b>Muestra 1 Pacho</b>	<b>Muestra 2 Pacho</b>	<b>Muestra 3 Pacho</b>	<b>Muestra La Palma</b>
Carbono Orgánico	mg/L	Por combustión alta T seguido por NDIR en fase gaseosa	2.4	4.77	4.25	4.87	9.61
Color	UC	Comparación visual	Menor a 15	3	3	3	3
Conductividad	ms/cm	Electrométrico	Menor a 1.000	650	818	953	476
pH en campo	Unidades de pH	Electrométrico	Limite 6.5-9.0	8.36	8.27	8.27	8.39
Sulfatos	mg/L	Determinación de aniones inorgánicos por cromatografía	400 limite	122	273	275	84.12
Aluminio	mg/L	Digestión acida asistida por microondas en extractos y muestras	5.0	0.20	0.08	0.02	0.21
Bario	mg/L	Digestión acida asistida por microondas en extractos y muestras acuosas	1.0	0.03	0.02	0.02	0.049
Hierro	mg/L	Digestión EPA asistida por microondas	5.0	5.7	0.47	1.11	0.40
Litio	mg/L	Digestión acida asistida por microondas en extractos y muestras acuosas	2.5	0.03	0.04	0.08	LMC menor

<b>Tabla 13. Reporte de laboratorio de fuentes de agua que acompañan los guaduales en Pacho y La Palma</b>							
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método analítico</b>	<b>Decreto 1594/84 Admisible</b>	<b>Muestra 1 Pacho</b>	<b>Muestra 2 Pacho</b>	<b>Muestra 3 Pacho</b>	<b>Muestra La Palma</b>
Manganeso	mg/L	Digestión acida asistida por microondas en extractos y muestras acuosas	0.2	0.25	0.07	0.14	0.022
Níquel	mg/L	Digestión acida asistida por microondas en extractos y muestras acuosas	0.2	0.09	51.42	0.03	LMC menor
Zinc	mg/L	Digestión acida asistida por microondas en extractos y muestras acuosas	15	1.51	0.25	0.51	0.041

**Fuente:** elaboración propia

El reporte del análisis del laboratorio mostró que los metales pesados se encuentran en rangos inferiores, salvo el nivel del níquel en uno de los predios en Pacho (Vereda Guayacán, propietario Hugo Ropain), que supera el valor considerado normal. Para confirmar estos resultados correspondería analizar esta fuente hídrica con varios análisis en que se tomen muestreos de varias partes de la fuente. Es importante verificar esta información porque el níquel en pequeñas cantidades es esencial, pero puede resultar muy peligroso para la salud humana en altas concentraciones: aumenta las posibilidades de

desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata, y es desencadenante de embolias, fallos respiratorios, desórdenes del corazón, así como reacciones alérgicas (erupciones cutáneas) en menor grado. (Aloma, *et al.*, 2013, p. 267).

Habida cuenta de los efectos que provocan los metales pesados en general en el medio ambiente, y el níquel en particular, es prioritario llevar a cabo acciones que propendan a su eliminación de los afluentes. Ahora bien, el tratamiento de afluentes contaminados es un

proceso complicado, porque las aguas a tratar pueden tener una composición muy variable de componentes orgánicos o inorgánicos, acidez o basicidad extrema, conductividad eléctrica, y sustancias volátiles (Aloma, *et al.*, 2013). Por eso es recomendable hacer un segundo análisis en el predio donde se hallaron los valores mencionados.

El carbono orgánico (CO), conformado por carbono/nitrógeno, por su parte, supera el límite permitido en las zonas estudiadas, aunque no en altos niveles. Investigadores expresan que la mayor parte del CO que entra al sistema hídrico se produce por el arrastre de material producto del escurrimiento superficial, ya sea inducido por la intensificación de fenómenos como *La Niña* en el cambio climático, que incrementa la carga de sólidos disueltos totales (SDT), o por la materia orgánica (MO) y la hojarasca entregadas al río, a causa de las acciones antrópicas tales como pastoreo cerca de las riberas; aplicación de abonos orgánicos utilizados en la agricultura; fertilizantes usados por los agricultores en los predios, y descargas que se hacen a las fuentes de agua.

Estos fenómenos pueden alterar el flujo de escorrentía y, por ende, la carga de nutrientes y sedimentos que llegan al río, incrementan el carbono orgánico CO que puede ser exportado (Ordoñez, *et al.*, 2013). Este último factor no incide directamente con los cultivos de guadua porque estos no son regados con agua de estas fuentes.

### Caracterización de las propiedades Físico mecánicas de la *Guadua Angustifolia Kunth*

Para el desarrollo de esta actividad se recolectó material vegetal, previa selección y marcación de las guadas. Para este caso se utilizaron guadas maduras (jchas) con un periodo vegetativo de vida aproximado de 4 a 6 años, punto en el que alcanzan su nivel de resistencia más alto. Para el corte se tuvo en cuenta el periodo menguante entre el 25 y 26 de junio del 2019. Los cortes se hicieron en horas de la mañana, extrayendo una vara de aproximadamente 8 m de largo, de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 5300 (que estipula lineamientos para la cosecha y la poscosecha de guadua).

Las especies utilizadas para este análisis fueron las variedades bicolor y cebolla de *Angustifolia Kunth*.

El corte en el tallo de las plantas se realizó con machete después del primer canuto (tabique) a una altura entre 15 y 30 cm sobre el nivel del suelo. Además, las guaduas fueron inmunizadas y secadas al ambiente para hacer las pruebas físicomecánicas en el laboratorio de las instalaciones de la Corporación Universitaria Minuto de Dios- UNIMINUTO.

Los análisis se realizaron con base en lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana 5525, que determina las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua Angustifolia Kunth*. La totalidad de las muestras fueron probadas en una máquina universal en el laboratorio. El ensayo consistió en aplicar una carga de compresión a las varas de guadua a una velocidad de carga de 0.01 mm/s, hasta que se presentara falla. La resistencia a la compresión se determinó dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal del culmo.

El módulo de elasticidad fue determinando a través de la pendiente de la curva esfuerzo-deformación unitaria del material. Para este ensayo se utilizaron probetas sin nudos, con una longitud igual al diámetro externo, asegurándose de que los extremos fueran planos y estuviesen en ángulo recto respecto de dicha longitud.

En este ensayo de compresión paralela se observó una resistencia máxima final a la compresión de **Rc = 22.79 MPa**; un nivel mínimo de resistencia **18 MPa**, y un módulo de elasticidad mínima de **4.000 MPa**. **Esto** indica que la guadua de Pacho cumple con el requisito de resistencia primordial para ser utilizada como material estructural.

El proyecto de investigación “Comportamiento de probetas de *Guadua Angustifolia Kunth* con diafragma y sin diafragma sometidas a esfuerzos de compresión” realizado por González *et al.*, (2008) en la Universidad Tecnológica de Pereira, revisó (mediante análisis de varianza multifactorial) la variabilidad de la resistencia a la compresión respecto a tres factores: diafragma, edad de culmo y tramo del tallo.

En las 93 probetas analizadas, procedentes de culmos del rodal del jardín botánico ubicado al interior de la misma universidad, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre probetas con diafragma y sin diafragma con un valor P de 0,629 y resistencias promedio de 28,45 Mpa y 29,12 Mpa, respectivamente (Gonzales, *et al.*,2008).

**Figura 8.** Corte y prueba de guadua en máquina universal



**Fuente:** elaboración propia

## Resumen de Resultados

La **Tabla 14** presenta una síntesis general de la caracterización ambiental desarrollada en los predios estudiados tanto en Pacho como en La Palma. Se marcan como un visto bueno los resultados que cumplen con las normas, y con una cruz aquellos que no las satisfacen.

<b>Tabla 14.</b>		<b>Síntesis del estado general de los predios estudiados</b>					
<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>Propietario</b>	<b>Temperatura y altitud</b>	<b>Suelo</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Calidad del aire</b>	<b>Recurso hídrico</b>
La Palma	Murca	René Triana	✓	✗	✓	✓	✓
		Néstor Calvo	✓	✓	✓	✓	✓
	El Ortigal	Heraldo Vega	✓	✓	✓	✓	✓
		Óscar Vanegas	✓	✓	✓	✓	✓
Pacho	La Bruja	Luz Marina Páez	✓	✓	✓	✓	✓
		Carlos Fernández	✓	✓	✓	✓	✓
	Guayacán	Jairo Rojas	✓	✓	✓	✓	✓
		Diana Ropain	✓	✓	✓	✓	✓
		Tirso Gómez	✓	✓	✓	✓	✓
	La Hoya	Dora Rojas	✗	✓	✓	✓	✓
		Hilda Silva	✗	✓	✓	✓	✓
		René Rojas	✗	✓	✓	✓	✓
	La Cuesta	Régulo Rojas	✓	✓	✓	✓	✓

**Fuente:** elaboración propia





# RETOS EN EL APROVECHAMIENTO DE LA GUADUA DE PACHO Y LA PALMA EN CUNDINAMARCA

En Colombia cerca de 100.000 hectáreas de bosque son deforestadas cada año. Solo a manera de ejemplo, en 2019 se deforestaron 158.894 hectáreas (WWF, 2020), para expandir la frontera agrícola y establecer actividades de ganadería y minería. Con situaciones como estas se contribuye al cambio climático y, a la postre, se marca el camino hacia una crisis sin precedentes.

Frente a lo anterior, la guadua es una gramínea de crecimiento rápido, reconocida por sus propiedades físicas mecánicas para la construcción y la fabricación de laminados (Londoño, 2012), prestación de servicios ecosistémicos de captura de CO<sub>2</sub>, prevención de erosión del suelo, y regulación hídrica (Muñoz *et al.*, 2017). Al respecto, la provincia de Rionegro en Cundinamarca tiene guaduales naturales y las condiciones para su desarrollo productivo, pero los mecanismos de gobernanza vigentes y la desarticulación de los actores de la cadena productiva han desincentivado su aprovechamiento, llevando a que los agricultores prefieran talarla para establecer actividades que les genere mayor ingreso (Nieto & Herrera, 2018).

La problemática de preferencia por el establecimiento de cultivos insostenibles frente a otros sostenibles es una situación presente en diferentes productos, los agricultores prefieren establecer actividades productivas que generan mayores rendimientos económicos, sin tener en cuenta las externalidades ambientales. Lo anterior debido a la falta de incentivos para preservar los servicios ecosistémicos.

Estudios recientes han indagado por las preferencias de los campesinos frente a la elección de una actividad productiva. Al respecto, Carriazo *et al.* (2020) realizaron un experimento de elección discreto: se invitó a los participantes a elegir, entre un conjunto de alternativas, aquellas que para ellos reportaran más utilidades. Con esto se determinaron los criterios de aceptación de los ganaderos de la Orinoquia colombiana para adoptar prácticas y políticas de conservación de los pastizales de la región. El estudio mostró que entre las motivaciones de los ganaderos para elegir una u otra alternativa no se encuentran solo en el beneficio financiero, sino también la posibilidad de recibir asistencia técnica para adoptar las prácticas nombradas.

Muñoz, *et al.* (2017), por su parte realizaron un estudio para aproximar la valoración de los servicios ecosistémicos de los bosques de guadua con la herramienta de análisis multicriterio de jerarquización y calificación, a partir de la dimensión sociocultural. A través de esto buscaron determinar la percepción de los productores, técnicos, científicos y funcionarios de

las instituciones ambientales sobre los beneficios de los ecosistemas de guadua. Se encontró que los servicios ecológicos son los más relevantes para las comunidades, y, en esta línea, prevalece la importancia ecológica sobre la económica, pues los aspectos más valorados fueron biodiversidad, protección del agua y suelo, captura de CO<sub>2</sub> y regulación de la temperatura mediante sombra.

Tres años después de haberse realizado el estudio anterior (2020), el mismo equipo de investigadores evaluó los servicios ecosistémicos de almacenamiento de carbono, la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y la factibilidad financiera de los bosques de guadua asociada a la venta de culmos. Se concluyó que los bosques de guadua tienen valor estratégico en el aprovisionamiento de servicios ecosistémicos de regulación y apoyo en un nivel similar a otros ecosistemas naturales, hecho que los toma en un valor intangible desde la perspectiva económica, pero muy significativo en términos de beneficios ecológicos (Muñoz *et al*, 2020).

La guadua obtenida de forma natural en los municipios estudiados ostenta una ventaja de comercialización: su ubicación geográfica estratégica y su cercanía a Bogotá, capital del departamento y el país. Al respecto, en años recientes se ha impulsado en esta región de Rionegro el desarrollo sostenible de la guadua, con el ánimo de propiciar la generación de ingresos para las familias del municipio. Las comunidades han mostrado interés por este recurso, y han aportado conocimientos ante el valor agregado de su desarrollo para la región. En línea con esto último se establece a continuación los objetivos a cumplir en esta región respecto del cultivo de la *Guadua Angustifolia Kunth*, con base en el análisis que ha dado origen a esta cartilla:

- Manejar y suministrar con moderación los fertilizantes o agroquímicos que se utilizan en otros cultivos, ya que puede afectar tanto el agua como el suelo de los predios con cultivos de guadua.

- Realizar mantenimiento silvicultural permanente en los guaduales. Esto por cuanto los ecosistemas de guadua que crecen de manera natural son abundantes en Pacho y La Palma. Estás guaduas que se presentan jóvenes, maduras, sobremaduras y muchas de ellas secas, se acumulan de tal manera que en cada lugar se presenta un aumento en la densidad de siembra por hectárea manejada en espacio reducido, además de la excesiva competencia de nutrientes que desmejoran la calidad física y biológica del suelo para las plantas existentes.
- Construir espacios de comunicación y formación colectiva con las personas que poseen guadua en los predios y las veredas cercanas. Esto con el objetivo de establecer parámetros de aprendizaje colectivo y organizar el aprovechamiento, la comercialización y el emprendimiento de tal modo que las comunidades de la región obtengan beneficios.
- Establecer espacios de aprendizaje para las comunidades involucradas en las cadenas de valor de la guadua, de tal suerte que se amplie el conocimiento en diferentes temas a nivel cosmético, farmacéutico e industrial.
- Promover, desde la organización de las comunidades la aplicación de la Ley 139 de 1994 de Certificado de Incentivo Forestal, a fin de incentivarlos a sembrar guadua en Pacho y La Palma.
- Elaborar, mediante alianzas entre universidades comunidades y la Corporación Autónoma de Cundinamarca, estudios de factibilidad en el mercado y pautas sobre la oferta real y la demanda que hagan posible el aprovechamiento de los guaduales en Rionegro sin restricciones.
- Establecer espacios de formación en las instituciones académicas con el fin de transferir conocimiento, de tal modo que se potencie el trabajo manual desarrollado con guadua.

- Propiciar espacios de formación en gobernanza comunitaria para organizar el aprovechamiento de la guadua, de tal forma que las comunidades de Pacho y La Palma cuenten con conocimientos sobre la normatividad vigente para manejo de guaduales naturales y plantados que les permita aportar a la construcción de políticas públicas que dinamicen el desarrollo de la guadua del territorio.

El reto más importante para los usuarios poseedores de guadua en sus predios, es seguirla cultivándola. Este recurso posee un alto rendimiento de madera por hectárea y alcanza su madurez en tiempo relativamente corto. Además, sus propiedades fisicomecánicas (longitud, trabajo y buena durabilidad) lo han hecho un bambú importante para las comunidades de muchos territorios. Los tallos tienen muchos usos a tal punto que los habitantes de la zona andina colombiana la utilizan en vivienda, utensilios de cocina, instrumentos musicales, puentes, canaletas, acueductos, horcones, (Salas, 2006); es decir han llevado la guadua a su cotidianidad.

Otra ventaja ecológica es que su sistema radicular entretelado y la gran cantidad de rizomas que tiene la Guadua, contribuyen eficientemente a conservar y recuperar el suelo, pues debajo de la tierra la planta forma un complejo sistema de redes que amarra fuertemente el suelo, evitando sobre todo la erosión en las laderas, las plantaciones de bambú en quebradas y ríos constituyen un muro de contención natural que evita la erosión de las orillas. Además, constituye una barrera natural, deteniendo piedras, árboles y otros elementos que arrastran las corrientes de agua en una crecida (Umaña, 2009, p. 5).

La siembra de esta planta en las laderas o en las orillas de los ríos es una opción que también puede hacer la diferencia, en la siembra de la guadua a nivel agroecológico (Umaña, 2009, p. 8), ya que promueve la participación justa de los agricultores ante el conocimiento ancestral que ha permanecido por tradición y se ha venido desarrollando con prácticas de generación en generación.



# CONCLUSIONES

La guadua que predomina en los municipios de Pacho y La Palma es *Angustifolia Kunt*, ecotipo cebolla y variedad bicolor rayada amarilla. Esta es una de las especies que ocupa mayor porcentaje de guaduales del territorio, por cuanto este favorece su desarrollo: la ubicación geográfica de Pacho y La Palma corresponde a una zona de bosque muy húmedo, llamado *premontano*, el cuál va desde los 1.150 hasta los 2.200 m.s.n.m. Esto configura una formación vegetal de bosque seco premontano, característico de altitudes cercanas a 1.462 m.s.n.m y una precipitación media de 1000 a 2000 mm. (Alcaldía Municipal de Pacho, Cundinamarca, 2018). Además, como planta de rápido crecimiento y abundante follaje, la guadua produce gran cantidad de hojas que, a su vez, actúa como medio natural para el crecimiento de malezas. Cuando la macoya tiene aproximadamente 3 años, el colchón de hojas no sólo protege el suelo, sino que lo enriquece (Umaña, 2009, p. 5).

La aplicación de la Investigación Acción Participativa como metodología de investigación permitió hacer un acercamiento entre la academia y las comunidades, que aportaron su conocimiento tradicional, cultural y empírico frente a los hallazgos del estudio. Ejercer este tipo de investigación permitió conocer de manera cercana los aportes de la ciencia y del saber popular de las comunidades. Ello dio lugar a intercambios de saberes entre investigadores y comunidad, en los que se abordaron de forma conjunta todas las etapas del proceso investigativo y de intervención social. A partir de un diálogo que concedió un rol activo a la comunidad, se estimuló su participación en el diagnóstico y resolución de sus necesidades, y con ello se puso fin a la imposición de lógicas externas que se apropian de la evaluación local y cultural (Contreras, 2002).

La Provincia de Rionegro posee núcleos forestales naturales de guadua de gran importancia para Cundinamarca, toda vez que esta planta forma parte de un

contexto cultural que por muchos años ha pervivido en la región. Los guaduales son naturales y han sido utilizados para labores de carácter agrícola tales como delimitación de predios y construcción de galpones, o establos para guardar animales. Sin embargo, pocas son las veredas donde esta planta ha sido aprovechada para construir o mejorar viviendas, y aún se desconoce su potencial en el desarrollo de productos con valor agregado.

Junto a las comunidades se logró realizar el diagnóstico de la situación ambiental en el territorio de Rionegro a partir del componente ecológico y social, y desde los procesos físicos, biológicos y químicos, con el fin de fortalecer el tema ambiental en profundidad a través de entrevistas, mesas de trabajo, revisión de documentos y resultados de laboratorio. A partir de los resultados obtenidos por estas actividades de investigación, y como se ha mostrado en sesiones previas, se determinó que la mayoría de las condiciones del territorio estudiado son favorable para el desarrollo de los cultivos de guadua de lo anterior han de destacarse, a manera de cierre, las siguientes reflexiones:

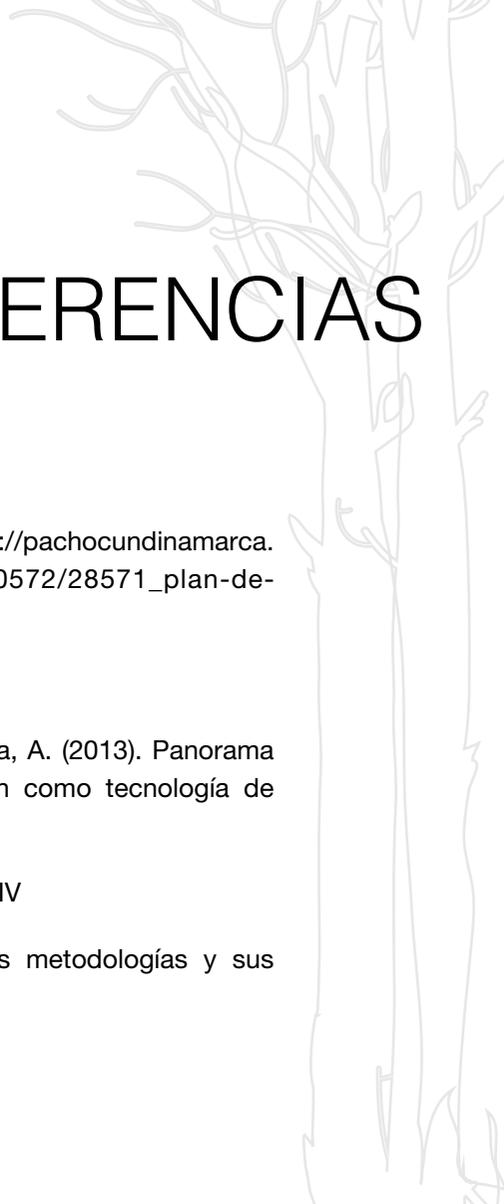
- Más del 90% del suelo tiene una buena proporción de arcilla, limo y arena, siendo esta característica pertinente en la aireación drenaje y crecimiento de las raíces de la guadua. La morfología de los rizomas y el sistema de red que conforman los primeros 50 a 100 cm del suelo, son ideales para la conservación de este, la estabilización de las laderas y la prevención de la erosión producida por escorrentía, vientos fuertes o desmoronamientos. Las especies de rizoma leptomorfo son ideales en la conservación de laderas muy empinadas. La especie asiática *Phyllostachys Áurea* forma una red subterránea tan fuerte y densa que, incluso, impide a veces que la lluvia penetre. La *Guadua Angustifolia* (de rizoma paquimorfo) contribuye también a controlar la erosión porque, aunque forma una red menos densa y permite más la percolación del agua, amarra el suelo y protege los taludes en las orillas de ríos y carreteras (Castaño & Moreno, 2004, p. 21).
- Los elementos en el suelo son de gran importancia para el desarrollo de las plantas porque complementan las funciones fundamentales en los procesos químicos y favorece el desarrollo de raíces, floración, resistencia en los tejidos, y desarrollo biológico. La guadua propicia la regulación de caudales y la protección del suelo, pues por medio de los rizomas y las hojas en descomposición funciona cual esponja, evitando que el agua fluya de manera rápida y continua. Es así como el agua proveniente de precipitaciones cae sobre el guadua y permanece en él por más tiempo, y luego toma diferentes caminos para caer e infiltrarse finalmente en el suelo (Umaña, 2009, p. 6).
- Las veredas estudiadas en Pacho y La Palma, poseen nacimientos de agua que no están cumpliendo con las normas de preservación y manejo. Durante el tiempo de la investigación se observó gran cantidad de residuos de hojas de guadua involucrados en las fuentes de agua

debido al desaprovechamiento sostenible de los guaduales. Es de resaltar que esta situación impide el paso de luz afectando la vida acuática de los ecosistemas y aumenta la presencia de monóxido de carbono (CO) en estas fuentes. Aun así, la calidad del agua es buena para la producción de guadua, pero se debe realizar aprovechamiento sostenible del guadual para evitar afectaciones a los ecosistemas que acompañan el cultivo.

- El análisis físico mecánico muestra que la guadua de Pacho y La Palma ostenta una resistencia favorable para ser utilizada como material estructural, pero es necesario realizar estudios posteriores para profundizar en otros asuntos físico mecánicos relacionados con esto.

- Los municipios de Pacho y La Palma tienen gran potencial ambiental para el desarrollo del cultivo de guadua. Sin embargo, es necesaria la organización de las comunidades para llevar a cabo propuestas que favorezcan el corte, de manera que se fomente el aprovechamiento sostenible de los guaduales, y se facilite los trámites legales normativos, tales como la solicitud de permisos y salvoconductos ante instituciones locales y regionales para la producción sostenible y responsable del recurso.

# REFERENCIAS



Alcaldía Municipal Pacho. (2020). Plan de Desarrollo Municipal Pacho . [https://pachocundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/pachocundinamarca/content/files/000572/28571\\_plan-de-desarrollo-parte-1.pdf](https://pachocundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/pachocundinamarca/content/files/000572/28571_plan-de-desarrollo-parte-1.pdf)

Alcaldía Municipal de Pacho . (2018). Secretaria de Agricultura.

Aloma, V., Blásquez, G., Calero de Hoces, M., Martín, M., Rodríguez, I., & Ronda, A. (2013). Panorama general en torno a la contaminación del agua por níquel. La biosorción como tecnología de tratamiento. *Cubana de Química*, 266-280.

BioDic. (2021). Agregado. <https://www.biodic.net/palabra/agregado/#.YSQboY5KjIV>

Contreras, R. (2002). La investigación-acción participativa, IAP: revisando sus metodologías y sus potencialidades. CEPAL, 9-18.

- Carmen Gonzales. (2005). Sedimentación. <https://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-246/capitulo5-sedimentacion.pdf>
- Carriazo, F., Labartab, R., & Escobedo, F. (2020). Incentivizing sustainable rangeland practices and policies in Colombia's Orinoco region. *Land Use Policy*, 1-9.
- Castaño, F., & Moreno, R. (2004). *Guadua para todos: cultivo y aprovechamiento*. Pereira: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- CEPEC. (2011). Plan de Competitividad Provincia de Rionegro.
- ChemicalSafetyFacts. (2021). Formaldehído . <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/formaldehido/>
- Eizagirre, M., & Zabala, N. (2006). Diccionario de acción humanitaria y cooperación al desarrollo. *Investigación-Acción-Participativa*.
- DNP. (2020). Ficha Territorial La Palma . <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/25394>
- DNP. (2021). Ficha Territorial Pacho . <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/25513>
- Editorial Etecé. (2021). Resistencia. <https://concepto.de/resistencia/>
- EduRed. (2021). Cation. <https://www.ecured.cu/Catión>

- EPA. (2021). Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- FAO. (2017). Carbono Orgánico del suelo: El potencial Oculto. <http://www.fao.org/3/i6937s/i6937s.pdf>
- Fassender, H. (1984). *Química de suelos con énfasis en suelos en América Latina*. (C. edición, Ed.) San José: IICA.
- Florencia Ucha. (2012). Definición de sales . <https://www.definicionabc.com/general/sales.php>
- Gallo, G., & Sejenovich, H. (2015). Metodología para la elaboración de diagnósticos ambientales. Fundación Patagonia III Milenio. Obtenido de <https://es.slideshare.net/omamariaga/metodologia-para-la-elaboracion-de-diagnosticos-ambientales>
- Garrido, M. (1994). *Interpretación Análisis de suelos*. España : MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION.
- Giraldo, E., & Savogal, A. (1999). LA GUADUA una alternativa sostenible. Quindío: Corporación autónoma regional del Quindío.
- Globe. (2005). Protocolo de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño. <https://www.globe.gov/documents/352961/d045520a-981d-48ca-b230-693ca7b7be85#:~:text=>

- Gonzales, H., Montoya, J., & Bedoya, J. (2008). Comportamiento de muestras de guadua angustifolia kunth con diafragma y sin diafragma sometidas a esfuerzo de compresión. *Scientia et Technica*, 449-454.
- Hannan Instruments. (2021). ¿Qué es el pH? <https://www.hannacolombia.com/blog/post/447/que-es-el-ph>
- Herrera, M. (2006). Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. [Tesis de Doctorado, Universidad de los Andes]. Repositorio Universidad de los Andes.
- IDEAM. (2006). Conductividad Eléctrica. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+Eléctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4#:~:text=La conductividad es una medida, la temperatura de la medición>.
- IDEAM. (2010). Atlas Climatológico de Colombia. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- INTA. (n.d.). Densidad Aparente. Retrieved August 23, 2021, from [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_densidad\\_aparente.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_densidad_aparente.pdf)
- Instituto para la salud geo ambiental (2021) Material Particulado. Obtenido de: <https://www.saludgeoambiental.org/material-particulado>
- Jaramillo, J. (2013). *Drenaje Agrícola*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Agrícola.

Juan Manuel Pantoja, & Jorge Adolfo Guerrón. (2018). PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA ÓPTIMA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO LA PALMA (CUNDINAMARCA). [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16777/1/TRABAJO DE GRADO LA PALMA CUNDINAMARCA.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16777/1/TRABAJO_DE_GRADO_LA_PALMA_CUNDINAMARCA.pdf)

Julián Pérez, & Ana Gardey. (2021). Solubilidad. <https://definicion.de/solubilidad/>

Julián Pérez, & María Merino. (2015). Acuoso. <https://definicion.de/acuoso/>

Julián Pérez, & María Merino. (2021a). Comprensión. <https://definicion.de/compresion/>

Julián Pérez, & María Merino. (2021b). Partículas. <https://definicion.de/particula/>

Londoño, X. (2012). El bambú en Colombia.

Macias, F., & Neira, J. (2005). *Fertilización de Guadua Angustifolia Kunth, durante su primera fase de desarrollo en el Recinto “Pice” de la parroquia “El Vergel”, cantón Valencia*. (Tesis de pregrado Ingeniería Forestal) . Obtenido de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2146>

Marín, J. (1977). Elementos menores . En ICA, *ICA, 25 años de investigación agropecuaria* (págs. 186-222). Instituto Colombiano Agropecuario, Subgerencia de Investigación y Transferencia Agropecuaria, Sección Comunicación Rural, Biblioteca Agropecuaria de Colombia.

- Mata, I., Rodríguez, M., López, J., & Vela, G. (2014). Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista Digital del Departamento*, 34-43.
- MedlinePlus. (n.d.). Iones. Retrieved August 23, 2021, from <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002385.htm>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2004). La cadena de la Guadua en Colombia.
- Ministerio de Ambiente. (2002). Estrategia nacional para la prevención y el control del tráfico ilegal. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2007). Resolución 2254 del 1 noviembre del 2017. Bogotá.
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (2021). Compuestos Órganos Volátiles. Obtenido de: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos\\_organicos\\_volatiles.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos_organicos_volatiles.aspx)
- Muñoz-López, J., Camargo, J., & Romero, 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), 222-231.
- Muñoz, J., Camargo, J., & Romero, C. (2020). Valoración de los servicios ecosistémicos del bambú guadua (*Guadua angustifolia*) bosque en el suroeste de Pereira, Colombia. *CALDASIA* 43, 186-196.

- Nieto, A., & Herrera, L. (2018). La cadena productiva de la Guadua en Colombia: Análisis participativo en Rionegro, Cundinamarca. *BambuCyT. Bambú para la ciencia, innovación y tecnología*, 34-36.
- Observatorio de Innovación Social, PCIS- UNIMINUTO (2021). Mapas cartografía Proyecto “Caracterización Ambiental de la Guadua en Pacho y La Palma, Cundinamarca”.
- Ordoñez, M., Bravo, I., & Figueroa, A. (2013). Flujo de Carbono Orgánico Total (COT) en una cuenca andina.: *Universidad de Medellín*, 13(24), 29-42.
- PIONEER. (n.d.). Compactación del suelo. Retrieved August 23, 2021, from [https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina/productos\\_y\\_servicios/Boletin\\_Compactacion\\_de\\_suelo.pdf](https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina/productos_y_servicios/Boletin_Compactacion_de_suelo.pdf)
- PRITCHETT, W. (1990). *Suelos Forestales*. México, DF: Limusa.
- Rae, (2021). Diccionario de la Lengua Española. Obtenido de: <https://www.rae.es/>
- RISCTOX. (2008). Compuestos Orgánicos Volátiles. <https://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=621>.
- Salamanca, A., & Khalajadaby, S. (2005). La densidad aparente y su relacion con otras propiedades en suelo de la zona cafetera. *Cenicafe*, 381-397.
- Salas, E. (2006). Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia: *[Simón Velez: símbolo y búsqueda de lo primitivo]*.

- Sanchez, A. (2019). [Tesis de pregrado Análisis de la relación del índice de calidad de suelos y la productividad de la guadua]. *Universidad Católica*.
- Secretaria de Agricultura, Desarrollo Económico y Turismo (2018). Agenda ambiental municipio de Pacho. Obtenido de: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22161/Alem%C3%A1nMoralesCamila2019Anexo%204.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- Thompson, L., & Troeh, F. (1982). Los suelos y su fertilidad. Barcelona: McGraw-Book Company.
- Toledo, M. (2016). Manejo de suelos ácidos en las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos. Honduras: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA).
- Umaña, V. (2009). Bambú Guadua: un recurso ecológico.. *Tecnología en marcha* , 22((3)), 3-9.
- Umaña, V. (2009). Bambú Guadua: un recurso ecológico. *Tecnología en marcha*, 3-9.
- Velez, S. (2006). Simbolo y búsqueda de lo primitivo. En S. Eduardo, Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia (pág. 402). Barcelona.
- WWF. (2020). La deforestación bajó en 2019: el reto que sigue es la disminución durante la pandemia. Obtenido de WWF: <https://www.wwf.org.co/?uNewsID=364330#:~:text=Este%20jueves%20el%20Instituto%20de,cifra%20baj%C3%B3%20a%20158.894%20hect%C3%A1reas>

# LISTA DE TABLAS

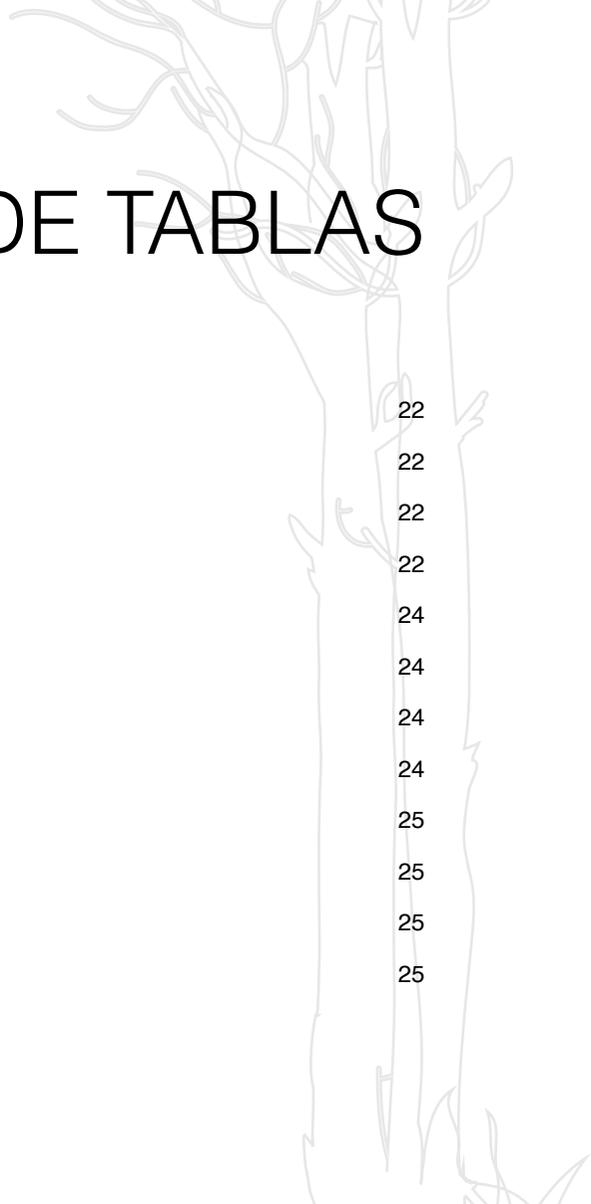


Tabla 1.	Predio	22
Tabla 2.	Municipio	22
Tabla 3.	Vereda	22
Tabla 4.	Nombre	22
Tabla 5.	Orden	24
Tabla 6.	Actor	24
Tabla 7.	Características	24
Tabla 8.	Tipo de contribución o impacto	24
Tabla 9.	Orden	25
Tabla 10.	Actor	25
Tabla 11.	Características	25
Tabla 12.	Tipo de contribución o impacto	25

Tabla 13. Medición de factores Climáticos en Temperatura y Altitud en los predios estudiados	37
Tabla 14. Parámetros de humedad medida en porcentaje	39
Tabla 15. Resultados de suelo para intercambio catiónico en los predios estudiados	41
Tabla 16. Resultados de suelo para intercambio catiónico en los predios estudiados	42
Tabla 17. Fósforo disponible en el suelo en predios de estudio	43
Tabla 18. Fósforo disponible en el suelo en predios de estudio	44
Tabla 19. Macronutrientes en los suelos de estudio	45
Tabla 20. Elementos menores en los suelos de estudio	47
Tabla 21. Rangos de conductividad	50
Tabla 22. Medición calidad del aire medición de valores PM 2.5 y TVOC	52
Tabla 23. Reporte de laboratorio de fuentes de agua que acompañan los guaduales en Pacho y La Palma	54
Tabla 24. Reporte de laboratorio de fuentes de agua que acompañan los guaduales en Pacho y La Palma	55
Tabla 25. Síntesis del estado general de los predios estudiados	59

# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Participación de las comunidades en actividades de cartografía social .....	26
<b>Figura 2.</b> Ubicación de la zona de Rionegro en Cundinamarca .....	30
<b>Figura 3.</b> Regiones de Pacho y La Palma en Cundinamarca .....	30
<b>Figura 4.</b> Ubicación del municipio de Pacho .....	31
<b>Figura 5.</b> Ubicación del municipio de La Palma .....	33
<b>Figura 6.</b> Mapas, cartografía social .....	35
<b>Figura 7.</b> Ubicación de predios en las zonas estudiadas .....	35
<b>Figura 8.</b> Corte y prueba de guadua en máquina universal .....	58

Esta edición de *Reconocimiento del territorio de Rionegro Cundinamarca, para el desarrollo de la Guadua Angustifolia Kunth*, se terminó de diagramar en mayo de 2023.

En su composición se utilizaron tipos Helvetica y Derivia.

Se invita a las comunidades en las diferentes regiones de Cundinamarca a consultar los resultados fruto de una investigación realizada por investigadores de UNIMINUTO, desarrollada en los municipios de Pacho y la Palma en la región de Rionegro, y conocer desde la investigación Diagnóstico Ambiental Expeditivo (DIEX) y a Profundidad (DIPRO), como se llevó a cabo dicha experiencia, a través de la investigación Acción Participativa – IAP, que permitió realizar procesos de reflexión, desde las realidades de las comunidades, la participación directa de los investigadores que se involucraron con la comunidad destinataria del proyecto para conocer sus vivencias, desafíos, desaciertos en torno al manejo de la guadua *Angustifolia Kunth* en el territorio, invitamos además a las instituciones regionales y de control ambiental a consultar los resultados de esta investigación, con el fin de promover el aprovechamiento sostenible de la planta en esta región y potencializar a través de los datos expuestos, otras investigaciones que traerán para el departamento acciones positivas si se tiene en cuenta la sostenibilidad de la cadena productiva de la guadua en las regiones donde se encuentra dicho recurso, es necesario partir de los resultados para avanzar en procesos complementarios desde la investigación, apoyando procesos de emprendimiento y desarrollo industrial fortaleciendo los procesos productivos propios de la región.



Bogotá D.C. Calle 81B No. 72B - 70  
Teléfono +(57)1-2916520  
[www.uniminuto.edu](http://www.uniminuto.edu)