

# BAMBUO CYT

BAMBÚ PARA LA CIENCIA, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA

## EXPERIENCIAS CON BAMBÚ

Pasantía en Colombia.

## BAMBÚ-PLÁSTICO

Utilización de partículas de bambú (*Guadua angustifolia*) en la elaboración de materiales compuestos.

## PULPA QUÍMICA

Método soda – antraquinona, a partir de tallos de *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris*.

## BIOCHAR

Reaprovechamiento de la biomasa residual a partir de la elaboración de tablillas de bambú *Guadua angustifolia*.

## NOTAS TÉCNICAS

BIOTACUARA  
APROBAMBU  
PCIS – UNIMINUTO  
JANKO ECOBICICLETAS



**APROVECHAMIENTO,  
TRANSFORMACIÓN Y USOS DEL BAMBÚ**

**“BAMUCYT: Bambú para la Ciencia, Innovación y Tecnología”  
Revista del círculo de investigación en la cadena de valor del  
bambú para el desarrollo científico y tecnológico.**

**DIRECTOR:**

Enrique Gonzales Mora Ph.D.

**JEFE DE EDICIÓN:**

Arq. Flor María Morocho Galarza.

**EDITORES:**

Ing. For. Juan Carlos Aguilar Ruiz.

Ing. For. Gisella Regina Gutiérrez Tejada.

**CONSEJO EDITORIAL:**

Ing. Gilberto Domínguez Ph.D.

Ing. Denis Del Castillo Torres Ph.D.

**COLABORADORES:**

Investigadores CIB - Perú.

**DISEÑO GRÁFICO - RETOQUE DIGITAL:**

Victoria Gonzales Asencios.

**FOTOGRAFÍA:**

Indicado en cada una de ellas.

**Fotografía de portada:** Sección de carbón vegetal elaborado por destilación seca (Pirólisis) de la especie *Guadua angustifolia* Kunth y sección de caña en estado natural. Fotografía. CIB

**CON LA COLABORACIÓN DE:**





# EDITORIAL

Tenemos el gusto de presentar la segunda edición de la revista “Bambucyt: Bambú para la ciencia, innovación y tecnología”, perteneciente al Circulo de Investigación del Bambú – CIB. Desarrollándose en esta edición artículos relacionados a acciones y experiencias, investigaciones y notas técnicas sobre el Aprovechamiento, transformación y Usos del Bambú.

El recurso bambú es un material versátil dado que posee múltiples usos y facilidad de transformación en diferentes productos; ha sido usado en nuestro país desde épocas ancestrales para la elaboración de instrumentos, muebles y en la construcción, en la actualidad y por el desarrollo de nuevas tecnologías, su aprovechamiento y transformación química y/o mecánica ha ampliado significativamente la variedad de usos y productos, desarrollándose, por ejemplo pulpas celulósicas para papeles y cartones, para artesanías, fibras textiles, elaboración de materiales compuestos (eco-plásticos), carbón activado, vinagre, entre otros.

En la construcción, se puede usar los culmos con fines estructurales y no estructurales; los tallos pueden ser utilizados en su estado natural o industrializado, para columnas, vigas, pisos laminados, paneles, etc. Asimismo, los brotes son aprovechados en alimentación por sus beneficios, mientras que las demás partes son empleadas en la fabricación de cosméticos, productos medicinales, fertilizantes, artesanías, etc.

Además, su fácil propagación, rápido crecimiento y aprovechamiento integral de cada parte de la planta, sumado a su aptitud para la captura de cantidades importantes de CO<sub>2</sub>, control de la erosión de suelos y regulación de recursos hídricos ha hecho que se le considere como un material eco amigable.

Cabe resaltar que, si bien la variedad de usos y productos con bambú es extensa, se debe de realizar un análisis específico por cada especie, disponibilidad de materia prima y localización, para la evaluación de su aptitud en los diferentes usos y tecnologías de transformación enfocado en un determinado mercado.

Por todo lo mencionado, el bambú en el Perú se presenta como una alternativa relevante para el desarrollo social, productivo y económico en el sector rural, contribuyendo a la diversificación productiva, mitigación de la pobreza y mejora de la calidad de vida de los pobladores.

Equipo editorial BAMBUCYT



## I EDITORIAL

## II ACCIONES Y EXPERIENCIAS

- 2.1.** La experiencia colombiana en la silvicultura, manejo y transformación de la guadua. **5**
- 2.2.** La cadena de valor de bambú en Armenia, Colombia. **9**

## III INVESTIGACIONES

- 3.1.** Utilización de partículas de bambú (*Guadua sp.*) en la elaboración de materiales compuestos bambú-plástico. **11**
- 3.2.** Evaluación de las propiedades mecánicas del material compuesto elaborado con bambú (*Guadua angustifolia kunth*) y polipropileno. **17**
- 3.3.** Pulpa química, método soda-antraquinona, a partir de tallos de *Guadua angustifolia* Kunth y *Bambusa vulgaris*. **19**
- 3.4.** Biochar, valorización de residuos orgánicos provenientes de la biomasa residual de la elaboración de tablillas de bambú *Guadua angustifolia*. **25**

## IV NOTAS TÉCNICAS

- 4.1.** Jóvenes rurales transformadores de la guadua “por el campo, la vida y su gente”. **29**
- 4.2.** *A Gramínea dos humanos*. **32**
- 4.3.** La cadena productiva de la guadua en Colombia: análisis participativo en Rionegro, Cundinamarca. **34**
- 4.4.** Modelo de empresa de base tecnológica que pone en valor la biodiversidad peruana - Janko eco bicicletas de bambú. **37**

ACCIONES Y EXPERIENCIAS

# LA EXPERIENCIA COLOMBIANA EN LA SILVICULTURA, MANEJO Y TRANSFORMACIÓN DE LA GUADUA

— Autores: Móstiga Rodríguez, Maricel J.<sup>1</sup>; Domínguez Torrejón, Gilberto<sup>2</sup>  
 Institución: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Correos: **1.** mmostiga@lamolina.edu.pe **2.** gdominguez@lamolina.edu.pe



**Figura 1.** Equipo CIB, de izq. a der. Ing. Maricel Mostiga Rodríguez ; Ing. Francisco Castaño Nieto ; Ing. Gilberto Domínguez Torrejón. Fotografía. CIB

## 1. INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países en Latinoamérica que más desarrollo ha demostrado en cuanto al aprovechamiento y uso de diferentes especies de bambú, desde el conocimiento botánico y caracterización de diferentes especies hasta su transformación y uso, pasando por todo el proceso de manejo de la especie en condiciones cultivadas. Colombia en la actualidad, cuenta con profesionales y expertos de muchos años de experiencia en cada uno de las etapas del cultivo, aprovechamiento y transformación del bambú, que ha permitido que los conocimientos sobre estas especies sean de mucho más alcance que en el Perú; para ello se contactó con algunos de estos expertos, sobre la base de los cursos realizados previamente con algunos de ellos y que fueron desarrollados en Lima y otras ciudades del país.

Bajo este antecedente se programó una visita guiada de dos investigadores del círculo de Investigación de Bambú con la finalidad de cumplir con uno de los objetivos del proyecto que fortalecerá la capacidad investigadora en esta materia y facilitará la identificación de temas prioritarios de investigación que aún no se están considerando en el desarrollo de este grupo de especies de bambú, los cuales pueden tener una trascendencia significativa en el desarrollo económico de las comunidades rurales en el Perú.

## 2. PROCESOS

En febrero del 2017 en calidad de investigadores del “Círculo de Investigación en la Cadena de Valor del Bambú para el Desarrollo, Científico y Tecnológico-CIB”, se participó del Curso de Especialización en Manejo y Gestión Integral del Bambú- Guadua organizado por la Asociación Ambiental de Productores y Comercializadores de Bambú Guadua (ASOBAMBU) teniendo como instructor al silvicultor especialista colombiano en guadua Ing. For. Francisco Castaño Nieto (ver Figura 1). El objetivo de la capacitación fue: fortalecer las capacidades de los investigadores del Círculo de Investigación de Bambú para tener una visión integral de la cadena productiva de bambú y facilitar la identificación de nuevos proyectos de investigación a ser planteados para las diferentes especies de bambú existentes en el Perú.

La capacitación constó de diferentes visitas a los lugares representativos de producción de guadua en los departamentos del Valle del Cauca y el Quindío, Colombia. Se adquirieron conocimientos a partir de la experiencia colombiana en guadua centrándose en aspectos relacionados con diseño de viveros, técnicas de propagación, establecimiento y manejo de plantaciones y algunos alcances respecto a la transformación mecánica de la guadua. El programa constó de: revisión de la bibliografía existente, visita al núcleo forestal productivo La María en Buga, visita a la Corporación Autónoma Regional del Quindío y visita a Induguadua en Quindío.

### 3. RESULTADOS

#### DESARROLLO DEL PROGRAMA

##### 3.1. Viveros de bambú

En cuanto a viveros se trataron temas relacionados al sustrato para la producción en vivero de *Guadua angustifolia* y se reconocieron los espacios para la producción de bambú realizando mediciones y descripción de cada etapa de producción.

Se visitó el Centro de Producción y Capacitación de la Guadua en La María donde la especialista la Sra. Julieta, viverista miembro de ASOBAMBU, detalló la importancia de la preparación del sustrato para el crecimiento de *Guadua angustifolia* resaltando el trabajo que desarrollan en La María en la preparación de abonos orgánicos utilizando insumos como; arroz cocido que una vez fermentado es mezclados con cascarilla de arroz, levadura, estiércol y suero de leche para la producción de microorganismos eficientes. También, se produce abono foliar utilizando té y miel como insumos. Posteriormente, se recorrió el vivero modelo en el cual se propaga *Guadua angustifolia* por el "método del chusquín" y se reconoció tres módulos de trabajo en el vivero: las eras de propagación, la caseta de transplante y la era de crecimiento.

Las eras de propagación son la etapa inicial de propagación donde se siembra los chusquines segregados a un distanciamiento de 0.30 x 0.30 m. Luego de la segregación y previo a la siembra se coloca sábila, un enraizador natural. Las eras de propagación o bancos de propagación tienen dimensiones de 1.10 m de ancho y 0.30 m de profundidad y se usa como insumos para la elaboración de sustrato compuesto por: arena, tierra negra, cascarilla o gallinaza y piedras grandes (drenaje). Luego de 3 meses en cada punto de siembra resultan de 6-10 hijuelos en promedio para *G. angustifolia*. En la caseta de transplante se segrega nuevamente y se repica en bolsas de propileno para pasar a la era de crecimiento a polisombra (ver Figura 2).

Luego de 2 meses en la era de crecimiento, cuando la planta alcanza la altura para ser llevada a campo (entre 25 a 35 cm). Durante el recorrido, se pudo tratar con la viverista otras recomendaciones para el manejo del vivero y costos.

En la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) se reforzó el conocimiento de manejo de viveros observándose la instalación de un invernadero donde se aceleraba el crecimiento en la etapa de era de crecimiento (ver Figura 3). Así mismo, se trataron otros métodos de propagación como la propagación por sección de tallo donde se usan culmos maduros de 0.08 m. de diámetro con 2 a 3 nudos se llenan de agua, se taponean con tierra y siembran y sección de tallo o la sección de ramas de 0.15 m con al menos 2 nudos y una yema.

##### 3.2. Colección de Germoplasma

También se efectuó una práctica de colección de germoplasma y su acondicionamiento para el tras-



**Figura 2.** Propagación de *Guadua angustifolia* por el método del chusquín en el Centro de Producción y Capacitación de la Guadua en La María (ASOBAMBU).

1. Chusquín previo a la segregación. 2. Era de propagación. 3. Siembra. 4. Chusquín en banco de segregación. 5. Repique a bolsa.

Fotografías. CIB



**Figura 3.** Propagación en la CRQ.

A. Invernadero. B. Eras de Crecimiento.

Fotografías. CIB

lado, detallando la importancia del uso de hidrogel, la segregación y la poda de follaje.

### 3.3. Manejo de plantaciones

Para conocer acerca del manejo de plantaciones forestales de *G. angustifolia* se visitó las plantaciones ubicadas en el Núcleo Forestal Productivo La María- Finca el Diamante donde se diferenció el tipo de crecimiento respecto de los bambúes asiáticos, comparando aspectos de manejo y aprovechamiento.

El distanciamiento apropiado para plantaciones productivas de *G. angustifolia* es 5 x 5 m con 400 matas/ha. si el suelo contiene ceniza volcánica; para suelos pobres de 6 x 6 m o hasta de 8 x 8 m y plantaciones con fines de protección ribereña o de control de la erosión de 3 x 3 m. Se identificó las 3 variedades producidas en Colombia: la macona, cebolla y rallada. Recorriendo las plantaciones se identificaron los defectos más comunes en las cañas y consideraciones para su manejo. A los 6 meses la caña alcanza su altura total, a un año se le considera juvenil y a los 4 o 5 años alcanza la madurez y a medida que pasa el tiempo el grosor de las cañas va aumentando dependiendo de la calidad de sitio y clima (ver Figura 4).

Se realizó también una práctica de inventario para identificar los estadios de las cañas; juvenil, madura

y sobre madura y las recomendaciones para la formación de brigadas y elaboración de formatos de evaluación. Con la participación del Ing. For. Castaño se conoció las pautas para la elaboración del Plan de Manejo y Aprovechamiento Forestal (PEYMF). Además, se pudo observar la importancia de la asociación de las plantaciones de guadua con otras actividades como las de agroforestería y ecoturismo. Para el caso de la agroforestería dentro del guadua se observó cultivos de sombra como anturios. Se recorrió el sendero ecológico, observando señalización, senderos, lugares de descanso y puentes en guadua así como también la incorporación de la variedad rallada con finalidad estética y de ecoturismo.

### 3.4. Manejo post cosecha

En la finca El Diamante luego del aprovechamiento de las cañas estas pasan a las pozas de preservado por el método de inmersión usando como aditivo al pentaborato. Una vez preservado se secan al aire manteniendo las cañas separadas. En la Finca se cuenta con un pequeño aserradero con sierra de disco para dimensionar las cañas (ver Figura 5).

### 3.5. Transformación

En Colombia, además de la comercialización de la caña rolliza preservada también se están desarrollando trabajos en transformación mecánica para productos



**Figura 4.** Plantaciones de *Guadua angustifolia* en Finca el Diamante, La María.

**1.** Plantaciones de bambúes asiáticos. **2.** Plantaciones de variedades de *Guadua angustifolia*. **3.** Defectos. **4.** Plantaciones de variedad rayada. **5.** Espacio para descanso. **6.** Anturios. **7.** Puentes. **8.** Plantaciones con fines de protección ribereña.

Fotografías. CIB



**Figura 5.** Producción de cañas en la finca El Diamante. **A.** Secado. **B.** Sierra de disco.

Fotografías. CIB

a nivel industrial. En el Quindío se visitó la Industria Colombiana de la Guadua S.A. (INDAGUADUA) donde se observó el proceso de transformación.

El proceso inicia con la recepción de cañas en la zona de acopio donde se separan las basas y sobrebasas y se rechazan las cañas cónicas, cotudas (chuecas), con entrenudos cortos o desviados. Luego estas son lavadas para remover los líquenes característicos de las cañas maduras y se le hace huecos para la preservación por el método de inmersión con pentaborato.

Posteriormente, estas se escurren y se dejan secar al aire hasta que queden amarillentas con una humedad relativa de aproximadamente del 70%.

Las cañas pasan a hornos de secado llegando a una humedad relativa de 26%. Las cañas secas pasan a una latilladora estrella donde de acuerdo a las divisiones del “aro chino” se obtienen el número de latillas pudiendo ser 2 canoas o 9. Las latillas pasan a otra máquina de aserrío donde son dimensionadas y luego a una máquina denudadora para quitar los nudos internos. Las latillas resultantes son blancas pero existe un mercado de latillas de color café, por lo que pasan por el carbonizado en una autoclave donde se quema el azúcar. A las latillas resultantes del carbonizado les aplican resinas y mediante el uso de una prensa se generan tableros de diferentes espesores (ver Figura 6).

#### 4. CONCLUSIÓN

La capacitación bajo la modalidad de pasantía, fue enriquecedora, cubrió las expectativas y contribuyó con nuestra especialización como investigadores del CIB, principalmente en temas relacionados a la silvicultura y manejo de la guadua así como para generar una visión global de la cadena productiva hasta la industrialización del recurso.



**Figura 6.** INDAGUADUA S.A. **1.** Patio de cañas. **2.** Preservado. **3.** Escurremiento y secado al aire. **4.** Horno de secado. **5.** Aro chino. **6.** Denudadora. **7.** Prensa. **8.** Productos. **9.** Productos. **10.** Equipo CIB.

Fotografías. CIB

ACCIONES Y EXPERIENCIAS

# LA CADENA DE VALOR DE BAMBÚ EN ARMENIA, COLOMBIA

— Autor: Fuentes Peña, Midali J.  
 Institución: Universidad Nacional Agraria La Molina.  
 Correo: midalyfp@gmail.com



**Figura 1.** De izq. a der. Econ. Nohelia Mejía, Ing. Químico Jorge Salazar, Econ. Mídali Fuentes, Arq. Alejandro Murillo, Biólogo Jairo Caro. Fotografía. CIB

## 1. INTRODUCCIÓN

**D**el 30 de octubre al 5 de noviembre del 2017, en la ciudad de Armenia, Quindío, Colombia, un especialista del CIB participó del curso – pasantía “Cadena de valor del negocio y oportunidades de mercado de bambú” organizado por la Corporación Eco calidad, liderado por la Econ. Nohelia Mejía, quien junto a otros especialistas compartieron a través de exposiciones sus conocimientos, experiencias e investigaciones de bambú con enfoque en cadena de valor y oportunidades de mercado, con el objetivo de fortalecer e incrementar los conocimientos y capacidades en temas relacionados con la cadena de valor de bambú.

## 2. PROCESOS Y RESULTADOS

La capacitación se desarrolló en cinco módulos, a través de exposiciones y visitas a empresas (4) que trabajan con guadua en Armenia, Colombia.

Del desarrollo del primer módulo se destaca la importancia de mantener un enfoque en cadena de valor, analizando procesos hacia adelante y hacia atrás, a los actores involucrados en los eslabones y a las actividades de producción primaria, industrialización, transporte y comercialización, distribución y consumo (Herrera y Bourgeois, 1996), considerando

además las actividades de apoyo como el aprovisionamiento de insumos y servicios. Además, este enfoque permite relacionar el entorno nacional con el contexto internacional para analizar los actores que influyen en su desempeño, debiéndose incorporar como parte del análisis.

Del módulo de procesos, protocolos de calidad y trazabilidad en el encadenamiento productivo del negocio se prioriza a la trazabilidad en la cadena de valor como un factor sustancial para asegurar la calidad de los productos que serán entregados al cliente. El desarrollo de sistemas de trazabilidad con tecnologías de información es importante para la planificación y proyecciones del negocio, dado que permite lograr el seguimiento de las actividades significativas y el origen del producto, para garantizar su calidad y ofrecer al cliente un mejor producto. Por otro lado, los sistemas de información geográfica constituyen la base para la trazabilidad, ya que reúne y presenta los indicadores claves para la gestión de información técnica y administrativa de la producción.

Un modelo empresarial colombiano en guadua que usa estos sistemas es la Corporación Eco calidad Empresarial en Armenia, quienes se encuentran desa-

rollando una investigación en su finca piloto para tener una guadua con valor agregado y de buena calidad, orientada a la industria de laminados. Habiendo implementado para ello un sistema de trazabilidad, para hacer un seguimiento al recurso desde su origen hasta que llega al consumidor. Así también, han incorporado un sistema de información geográfica para obtener datos de los predios en el plan de manejo, que le permita saber que Guaduas están maduras y listas para ser extraídas y comercializadas, lo que a su vez permitirá cañas estandarizadas y con calidad asegurada.

El módulo de Análisis de oferta y demanda tecnológica y no tecnológica en la cadena de valor, destacan la mejora de la competitividad de las empresas por la incorporación a la cadena de valor, sus líneas de negocio, soluciones tecnológicas desarrollados en los centros de investigación y tecnologías de información, dado que aportan innovación, desarrollo de nuevos productos, procesos y servicios. Así también, las empresas dependiendo de sus mercados, clientes y capacidades, integran instrumentos de política y servicios de apoyo para el desarrollo de su actividad productiva como parte de la cadena de valor y como tal deben incluirse en el análisis permitiendo priorizar inversiones y establecer alianzas entre los actores.

El último módulo Introducción a la metodología para construir agendas de investigación y plan tecnológico resaltó el desarrollo de una agenda de investigación relacionanda a la universidad, empresa y estado, porque aporta posibilidades de intervención para diferentes grupos de investigación, y ofrece alternativas a las necesidades de las empresas para su desarrollo y/o innovación de nuevos productos, innovación de procesos, en servicios, mercados, organización, permitiendo la planificación de las alternativas de I y D para el plan tecnológico de la cadena de valor del negocio.

De manera paralela a la capacitación se realizaron diferentes visitas a empresas para ver diferentes modelos de negocio con guadua tales como “Vikargua” empresa familiar en el Municipio de Córdoba – Quindío que elabora diversos productos y artesanías con guadua, tales como sillas, bancos, muebles, lapiceros, porta lapiceros, memorias USB, entre otros y la empresa “CaulinArte, diseños en hoja caulinar de la Guadua”, en el Municipio de Cirsasia en el Quindío que elabora productos con diseños artísticos utilizando la hoja caulinar de la guadua para sus acabados.

Asimismo, se visitaron empresas que han desarrollado construcciones con guadua y venta de productos de artesanías tales como la cafetería “Molinari Café y Guadua” y el hotel “Soñarte, terraza - Café - Hotel, Reserva Natural”.

### 3. CONCLUSIONES

Se destacó la importancia del enfoque en cadena de valor; la contribución del desarrollo de sistemas de trazabilidad e información geográfica como activi-



**Figura 2.** Artesanías elaboradas con guadua de la empresa “Vikargua”.

Fotografía. CIB



**Figura 3.** Baúl hecho con hoja caulinar de guadua de “CaulinArte”.

Fotografía. CIB

dades claves para monitorear el origen del producto, garantizar su calidad y ofrecer al cliente mayor garantía; así también, la importancia del desarrollo de una agenda de investigación articulada entre universidad, empresa y estado.

La propuesta de desarrollo e incorporación de todos estos sistemas y conceptos en la cadena de valor de bambú en Colombia, apuntan al desarrollo de su competitividad.

INVESTIGACIONES

# UTILIZACIÓN DE PARTÍCULAS DE BAMBÚ (*Guadua sp.*) EN LA ELABORACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS BAMBÚ-PLÁSTICO

Proyecto realizado bajo el auspicio de Innóvate Perú (Proyecto PNICP-414-PIAP-2014).

● Autores: Suárez Landeo, Efraín R.<sup>1</sup>; Lázaro León, Karen C.<sup>2</sup>; Itez Basaldúa, Ana G.<sup>3</sup> Lora Nieves-Ikeda J.<sup>4</sup>; Gonzales Mora, Héctor E.<sup>5</sup>; Cárdenas Oscanoa, Aldo J.<sup>6</sup>  
Institución: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Correos: 1. esuarezlandeo@hotmail.com 2. kphiru@hotmail.com 3. sheccid\_14\_12@hotmail.com 4. ikeda.lora@hotmail.com 5. egonzales@lamolina.edu.pe 6. acardenas@lamolina.edu.pe



Figura 1. Probetas de compuesto bambú / plástico.

Fotografía. Proyecto PNICP-414-PIAP-2014.

## 1. RESUMEN

Se fabricaron compuestos plásticos/bambú probando diferentes proporciones de mezcla, tamaños de partícula y la utilización de agente acoplante. Los tableros resultantes fueron caracterizados mediante sus propiedades físicas de contenido de humedad, hinchamiento y absorción de agua; y sus propiedades mecánicas de flexión, tensión e impacto. Posteriormente los tableros fueron sometidos a pruebas de biodeterioro utilizando dos tipos de hongos, el de pudrición blanca (*Pycnoporus sanguineus*) y de pudrición marrón (*Rhodonia placenta*); intemperismo acelerado en cámara QUV probando dos picos de irradiancia 0,89 y 1,55 W/m<sup>2</sup>/nm y dos temperaturas de condensación de 60 y 70 °C; y pruebas de intemperismo natural en dos localidades de Chosica y La Molina y dos ángulos de exposición de 0° y 45°.

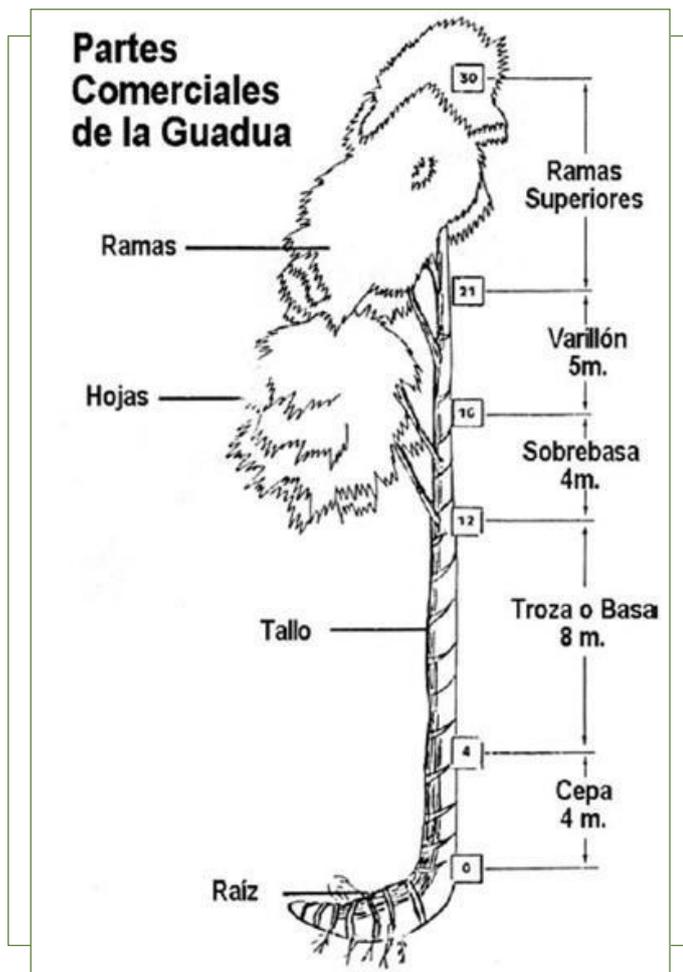
## 2. INTRODUCCIÓN

Los materiales compuestos (composites) son productos de innovación que surgen ante la alternativa de generar sinergia entre dos materiales. Estos nuevos materiales se componen de dos partes: la matriz, y las fibras. En materiales lignocelulósicos como la madera o los tallos de bambú cumplen la definición de los composites: en estado natural la

parte fibrosa las componen las células xilemáticas cuya pared está conformada por carbohidratos y la mayor parte corresponde a la celulosa cristalina.

De igual manera; los materiales de origen vegetal por su estructura fibrosa y con composición lignocelulósicos se presentan como la parte fibrosa para la elaboración de los composites. En el caso del bambú, la posibilidad de obtención de fibras va por dos rutas de producción: cosechando los tallos que luego a través de un astillado, pulpeo o una molinenda; obtener las fibras. Mientras que en la otra ruta, las fibras se obtienen también a través de una línea de aprovechamiento de residuos que derivan de la transformación del bambú.

En el Perú, el bambú que predomina en la actividad comercial es la *Guadua angustifolia* y el destino mayormente es como material de construcción, donde se utilizan las partes intermedias en formas de cañas de 6 m de longitud, diámetros variables entre 12 hasta 16 cm y espesores de caña de 10 a 16 mm. Estas cañas, con una densidad promedio de 700 kg/m<sup>3</sup>, se utilizan para la construcción; generándose como tipos de residuos la parte basal y los extremos (varillón y cogollo). Otros residuos generados, en menor cantidad



**Figura 2.** Partes comerciales de *Guadua angustifolia* Kunth.  
Fuente: Mercedes (2006).

son el aserrín de corte transversal; eventualmente se pueden generar virutas cuando se obtienen láminas, o caña chancada, de bambú.

Como matriz, los materiales lignocelulósicos son afines a otros materiales, como los cerámicos o plásticos, aplicando métodos de mezclado y fijación directa o utilizando aditivos para facilitar el acoplamiento y formación de enlaces con las fibras. Los materiales composites de fibras celulósicas se elaboran con materiales plásticos, destacando las poliolefinas: polietileno y polipropileno. Los plásticos tipo termoplásticos tienen la facilidad de reciclado, con temperaturas de fusión de 140 °C (polietileno) a 180 °C (polipropileno); en ambos casos con valores que están por debajo del punto de degradación de la celulosa (185 °C) y la lignina (250 °C), componentes de la estructura lignocelulósica.

La presente nota de investigación menciona una metodología a utilizar del residuo generado en la transformación del bambú (*Guadua angustifolia*) para obtener fibras y elaborar composites, los cuales tendrán como matriz el polipropileno.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Materia prima

El bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) provino del Caserío Limoncito, distrito La Florida, Cajamarca, a 1200 m s. n. m.

Se recolectó la parte apical de las cañas o varillón (ver Figura 2), sección considerada como residuo durante el aprovechamiento del bambú. Los culmos tenían 4 años de edad al momento de su cosecha y se encontraban en un buen estado fitosanitario.

Las cañas se cortaron en secciones de menos de 1m de largo y se dejaron orear para su posterior acondicionamiento y obtención de las partículas.

Se utilizó polipropileno homopolímero (PP), marca PROPILCO 11H01A, con un índice de fluidez de (2,16 kg/230 °C): de 12 a 12.5g/10 min, temperatura de fusión de 160-166 °C. Y como agente acoplante se utilizó anhídrido maléico de polipropileno (MAPP), de marca OVERAC CA100, con una temperatura de fusión de 167 °C.

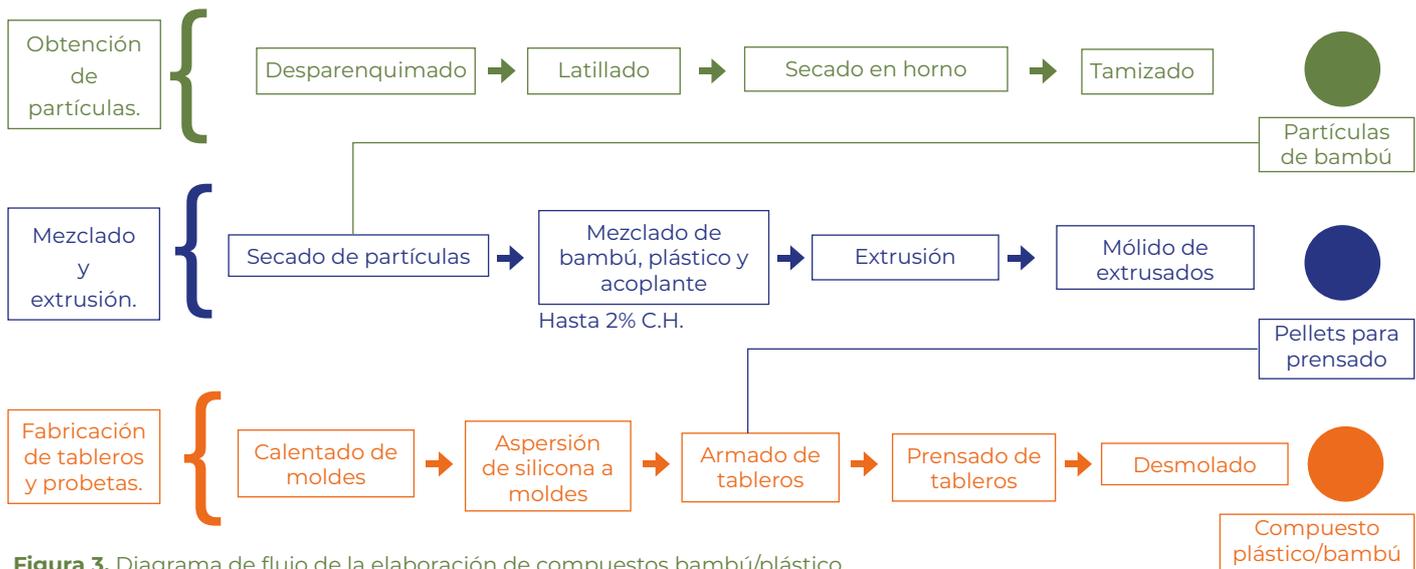
#### 3.2. Obtención de partículas

Para la obtención de partículas, los trozos de caña siguieron un proceso de desparenquizado, se latillaron y fueron llevadas a un horno de secado para madera hasta que alcanzaron un contenido de humedad de 12% (ver Figura 1).

Luego, se realizó la molienda en un molino industrial de cuchillas. Finalmente, se clasificaron las partículas en un equipo clasificador de zarandas vibratorias usando las mallas ASTM con número (abertura de malla) 20 mesh (0,84 mm), 40 mesh (0,43 mm), 60 mesh (0,25 mm) y 80 mesh (0,18 mm) con fondo y tapa, y se obtuvieron los diferentes tamaños de partícula requeridos para la evaluación de propiedades en los distintos ensayos. Luego, se hizo una mezcla manual con el polipropileno y a algunas de las formulaciones se les adicionó el agente acoplante, dependiendo del ensayo a realizar. Las mezclas se codificaron en bolsas de polietileno y se llevaron al IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear) para el proceso de extrusión. Para ello se utilizó una máquina extrusora de husillo simple, trabajando a una temperatura entre 175° a 190 °C y una velocidad de 30 rpm, a razón de 5g/min. La mezcla salió de la extrusora en forma de hilos, los que luego pasaron por un molino de cuchillas para obtener pellets.

Los tableros del material compuesto se hicieron por el método de compresión, usando una prensa hidráulica a una presión de 40 bares. Se pesaron y secaron los pellets en estufa para asegurar que mantuvieran un valor por debajo del 2% de humedad. Las láminas metálicas y el marco en los platos de compresión se calentaron e inmediatamente se esparció silicona por toda la superficie de contacto con la mezcla, para evitar que los tableros queden pegados en las láminas. Como moldes, se utilizaron marcos de acero n.º 304 de 210 mm x 210 mm x 2,5 mm (medidas del área interna del marco que determinaron el tamaño de los tableros) que fueron colocados en medio de placas de acero de 300 mm x 300 mm x 3,0 mm.

En una de las láminas se puso el marco en el centro, luego dentro de este se esparcieron los pellets



**Figura 3.** Diagrama de flujo de la elaboración de compuestos bambú/plástico.

secos con una espátula, se tapó con la otra lámina y se colocó en la prensa hidráulica para el prensado durante 4 a 5 minutos.

La preparación de la materia prima para la elaboración y evaluación de los materiales compuestos de bambú y plástico, el secado de las muestras y parte de los ensayos se realizaron en los laboratorios de Transformación Química, de Secado y de Propiedades Físico-Mecánicas de la Madera, del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El proceso de extrusión se realizó en el laboratorio de IPEN y algunos ensayos para evaluación de propiedades se realizaron en el laboratorio de propiedades de la empresa Fibraforte, en Lima. Para las pruebas físicas y mecánicas se utilizaron las normas ASTM. (ASTMD4329.1999, ASTMG151.1997, ASTMG154.2000, ASTMD790-03, ASTMD5420-04, ASTMD638-03).

### 3.3. Caracterización

Se hicieron diferentes combinaciones para encontrar la formulación que tenga los mejores valores en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas. Se probaron tres diferentes tamaños de partículas (-20/+40; -40/+60; -60/+80), tres proporciones de mezcla bambú/polipropileno: 50/50; 40/60 y 30/70 y la incorporación de agente acoplante en 2% (ver Figura 3).

De todas las formulaciones probadas se eligieron tableros con tamaños de partículas -40/+60, y en proporciones bambú/plástico de 50/50 y 30/70 y con agente acoplante al 2% para ser probadas en su resistencia ante el biodeterioro y el intemperismo.

### 3.4. Pruebas de biodeterioro, intemperismo natural e intemperismo acelerado

La biodegradación de los compuestos de bambú y plástico fue evaluada usando la norma ASTM D2017-05. Se determinó con ensayos de bloque-suelo controlando la pérdida de peso de los compuestos sometidos a la acción de degradación de los hongos de pudrición blanca (*Pycnoporus sanguineus*) y de

pudrición marrón (*Rhodonia placenta*) durante 16 semanas. Se utilizaron 7 probetas del compuesto de bambú y plástico de cada formulación. Estas se colocaron en frascos de vidrio rellenos con tierra orgánica, agua y tiras de alimentación inoculada que fueron incubadas a 28 °C y 50% de humedad relativa (ver Figura 4).

Los ensayos de intemperismo natural se desarrollaron siguiendo la norma ASTM 1435-15, por 6 meses. Se llevó a cabo exponiendo las probetas del material compuesto en dos lugares: La Molina (12°04'42.49" latitud Sur, 76°56'46,00" longitud Oeste, elevación 245 m) y Lurigancho- Chosica (11°55'07,75" latitud Sur, 76°40'04,90" longitud Oeste, elevación 954 m), distritos del departamento de Lima, Perú. Las probetas se colocaron sobre mesas orientadas hacia el sur y con dos ángulos de inclinaciones (0 y 45°) (ver Figura 5).

Las pruebas de intemperismo acelerado fueron realizadas en una cámara QUV utilizando fluorescentes UVA-340 de emisión de luz ultravioleta. Las probetas de los materiales compuestos fueron distribuidas al azar dentro de la cámara por un intervalo de tiempo de 500 horas en ciclos de 12 horas, compuestos por 8 horas de radiación UV con dos picos diferentes de irradiancia de 0,89 W/m<sup>2</sup>/nm y 1,55 W/m<sup>2</sup>/nm, seguidas de 4 horas de condensación a dos temperaturas diferentes de 60 °C y 70 °C (ver Figura 6).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Caracterización: propiedades físicas

#### A. Humedad

La mezcla 50/50 y sin agente acoplante obtuvo el mayor valor en cuanto a humedad.

#### B. Densidad

El incremento de partículas de bambú en el material compuesto origina un incremento en la densidad. La proporción 30/70, sin agente acoplante y con la partícula más pequeña (malla-60/+80) registró la den-



**Figura 4.** Prueba de biodeterioro.

Fotografías. Proyecto PNICP-414-PIAP-2014.



**Figura 5.** Prueba de intemperismo natural.

Fotografías. Proyecto PNICP-414-PIAP-2014.



**Figura 6.** Prueba de intemperismo acelerado.

Fotografía. Proyecto PNICP-414-PIAP-2014.

idad más alta:  $0,95 \text{ g/cm}^3$  (densidad referencial del polipropileno:  $0,84 \text{ g/cm}^3$ )

### C. Absorción

La absorción es directamente proporcional con la cantidad de partículas, pero menos notoria con el tamaño de partícula. La proporción de mezcla 40/60, sin agente acoplante con tamaño de malla -20/+40 fue la que registró el mayor valor de absorción de 30% a los dos meses de inmersión. Se observa que el agente acoplante tiene un efecto favorable, ya que reduce la absorción de agua.

### D. Hinchamiento

Se observa que el hinchamiento tiene una variación directa con la proporción de mezcla, al igual que la absorción. Cuando se emplea menor proporción de partículas de bambú en la mezcla, el hinchamiento es menor; esta variación no es tan notoria con el tamaño de partícula. La proporción de mezcla 50/50, sin agente acoplante con tamaño de malla -40/+60 fue la que tuvo el mayor valor de hinchamiento, casi 6%.

Los materiales compuestos con tamaño de malla -60/+80, 30% de contenido de partícula de bambú y con agente acoplante tienen los valores más aceptables para las propiedades físicas de densidad, humedad e hinchamiento. Los materiales compuestos con tamaño de malla -20/+40, 50% de contenido de partícula de bambú y sin agente acoplante presentaron los menores valores.

El incremento de partículas de bambú en el material compuesto origina un incremento en las propiedades de humedad, densidad, absorción e hinchamiento. Los materiales compuestos con agente acoplante presentan menores valores de contenido de hume-

dad, absorción e hinchamiento, lo cual evidencia un posible efecto inhibitor en la absorción de humedad.

## 4.2. Caracterización: propiedades mecánicas

Se observa que la presencia de agente acoplante favoreció la resistencia máxima.

### A. Tensión

La mayor resistencia se registró con la proporción 30/70 y tamaño de malla -60/+80 de 17,8 MPa. Por el contrario, la proporción 50/50, para el mismo tamaño de malla -60/+80 y sin agente acoplante, presentó la menor resistencia (11,9 MPa). Ninguna formulación superó el valor del plástico (31,4 MPa).

Se observa un incremento en el módulo de elasticidad en la mayoría de las combinaciones al aumentar las partículas en la mezcla (el valor del polipropileno fue 0,6 GPa). En el caso de las probetas con agente acoplante, es evidente el beneficio de su adición, ya que aumentó el módulo de elasticidad de los materiales compuestos.

La proporción de mezcla 50/50, con la partícula -20/+40 tuvo el MOE más alto (1,7 GPa). Por el contrario, a la proporción de mezcla 40/60, para el mismo tamaño de partícula, le correspondió el menor MOE (1,2 GPa).

### B. Flexión

La presencia de agente acoplante mejora la resistencia de los materiales compuestos. la proporción de mezcla 30/70, con tamaño de partícula -60/+80, le correspondió la mayor resistencia (22,7 MPa). Por el contrario, la partícula -40/+60 y la proporción de mezcla 50/50 tuvo la menor resistencia (15 MPa). Sin embargo, ninguna formulación superó el valor del plástico de 25,4 MPa.

Se observa un aumento en el promedio del módulo de elasticidad (MOE) para la mayoría de las combinaciones al aumentar las partículas en la mezcla (el valor del polipropileno fue 0,6 GPa). Para las probetas con agente acoplante se tiene una tendencia similar para las diferentes formulaciones.

La proporción de mezcla 40/60, con partícula -60/+80 presentó el mayor MOE (0,9 GPa), mientras que la proporción de mezcla 30/70 con la partícula -20/+40 tuvo el menor MOE (0,7 GPa).

### C. Impacto

La mezcla con el tamaño de partícula -40/+60 y la proporción 30/70 absorbió mayor energía (0,44 J), y a la mezcla con el tamaño de partícula -20/+40 y proporción 30/70 le correspondió menor energía (0,33 J); sin embargo, ninguna formulación superó el valor del plástico (2 J).

La mayoría de los resultados del presente estudio son inferiores a los bibliográficos, además ninguna formulación superó el valor del plástico. Esto puede deberse a que los espacios vacíos entre la fibra y la matriz ocasionan una pobre unión interfacial. Asimismo, la aglomeración de partículas origina una escasa dispersión en la, lo cual produce una mala transferencia de esfuerzo, que, a su vez, produce la falla más rápido.

Los materiales compuestos con tamaño de malla -60/+80, 30% de contenido de partícula de bambú y con agente acoplante registran valores más altos. Los materiales compuestos con tamaño de malla -20/+40, 50% de contenido de partícula de bambú y sin agente acoplante presentan los menores valores. Resistencia al intemperismo natural, intemperismo acelerado y biodeterioro.

### D. Biodeterioro

Se observa que la pérdida de peso fue menor en los compuestos que en los testigos de bambú. Por tanto, se considera que los compuestos de bambú y plástico son altamente resistentes a ambos tipos de hongos de pudrición.

Además, se observa que hubo mayor pérdida de peso en los compuestos elaborados con proporción 50/50, tamaño de partícula -60/+80 y expuestos al hongo *Pycnoporus sanguineus* (pudrición Blanca), este además causó mayor degradación del compuesto que el hongo *Rhodonia placenta* (pudrición marrón), debido a que los hongos de pudrición blanca en el bambú degradan todas las sustancias de composición (lignina y celulosa). En cambio, los de pudrición marrón solo degradan la celulosa. El incremento del contenido de partículas de bambú de 30% a 50% incrementó la pérdida de peso.

Como consecuencia de la degradación disminuyeron los valores en la resistencia en flexión siendo los más resistentes los compuestos elaborados con propor-

ción 30/70, tamaño de partícula -60/+80 y expuestos al hongo *Rhodonia placenta*. Los compuestos de bambú y plástico elaborados con mayores proporciones de bambú (50%) presentaron menores valores de resistencia máxima en flexión.

En tensión se observa que los valores de resistencia máxima (MOR) de los compuestos expuestos a los hongos de pudrición son menores que para los testigos sin ningún tratamiento. Por tanto, se puede decir que la disminución de los valores de MOR en tensión muestra que los compuestos fueron afectados por la degradación de los hongos de pudrición que penetraron por los poros y grietas.

Además, se visualiza que hubo mayores valores de MOR en tensión para los compuestos con tamaño de partícula -60/+80 (ya que las partículas pequeñas son encapsuladas de manera más efectiva por la matriz polimérica) y proporción 30/70, para ambos tipos de hongos.

En cuanto al impacto los valores de los compuestos de bambú y plástico no fueron afectados por la degradación de los hongos.

### E. Intemperismo natural

La variación de color  $\Delta E$  fue mayor para la proporción 30/70 con un ángulo de exposición de 0° en Chosica. El contenido de humedad mayor llegó a 3,1% para la proporción 50/50 con un ángulo de exposición de 0° en Chosica.

En la prueba de absorción de agua se observa que los aumentos en el tiempo se dan independientemente del lugar de exposición y la más afectada fue la proporción 50/50 tras intemperismo a 45° de inclinación en La Molina. Después de 24 horas de absorción, las proporciones de 30/70 y 50/50 llegaron a 7 y 16% respectivamente.

En flexión, en cuanto a su resistencia máxima (MOR) se observa que los menores valores se presentan en La Molina y para las formulaciones en la proporción 50/50 llegando a un valor de 20 Mpa, mientras que la proporción 30/70 en La Molina llegó a 21 Mpa. En el módulo de elasticidad (MOE) la proporción 50/50 en La Molina a 45° llegó a 1,2 GPa. Esta situación se puede deber a que, en La Molina, la combinación de altos valores de humedad relativa del ambiente afectaron de forma directa en el hinchamiento de las partículas del compuesto con mayor proporción de bambú, debilitando las uniones interfaciales y, por ende, la resistencia del material a los esfuerzos de flexión.

En Tensión los valores del MOR estuvieron entre 12,5 Mpa y 15,8 Mpa para la proporción 50/50 y para la proporción 30/70 estuvo entre 13,3 Mpa y 16,6 Mpa. Y para el MOE en tensión para la proporción 50/50 estuvo entre 1,3 GPa y 2,1 GPa, mientras que para la proporción 30/70 estuvo entre 1,2 GPa y 2 GPa.

**Tabla 1.** Valores que representan el mayor efecto sobre los compuestos obtenidos luego de las pruebas de deterioro en relación con los valores obtenidos en la caracterización del compuesto.

\* Los valores de hinchamiento y absorción para caracterización fueron medidas después de 2 meses de inmersión.

| PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS  | PROPORCIÓN BAMBÚ / PLÁSTICO             |       |                   |       |                           |       |                              |       |
|----------------------------------|---|-------|-------------------|-------|---------------------------|-------|------------------------------|-------|
|                                  | Valores obtenidos en la caracterización |       | Post biodeterioro |       | Post intemperismo natural |       | Post intemperismo artificial |       |
|                                  | 50/50                                   | 30/70 | 50/50             | 30/70 | 50/50                     | 30/70 | 50/50                        | 30/70 |
| Cambio de color ( $\Delta E$ )   | -                                       | -     | -                 | -     | 23.3                      | 25.3  | 32.6                         | 26    |
| C.H. (%)                         | 0.84                                    | 0.55  | -                 | -     | 3.16                      | 1.6   | 1.4                          | 0.84  |
| Absorción de agua a las 24 h (%) | *20                                     | *13.8 | 29.3              | 14.2  | 16.5                      | 9     | 18.5                         | 19.2  |
| Hinchamiento a las 24 h (%)      | *2                                      | *4.4  | 2.8               | 1.5   | 2.8                       | 2.3   | 2.4                          | 2.6   |
| MOR tensión (Mpa)                | 15.9                                    | 17.8  | 7.7               | 8     | 12.5                      | 13.2  | 11.2                         | 10.5  |
| MOE tensión (Gpa)                | 1.7                                     | 1.3   | -                 | -     | 1.2                       | 1.2   | 0.9                          | 1.1   |
| MOR flexión (Mpa)                | 17.8                                    | 22.7  | 10.4              | 17.6  | 20.2                      | 21.6  | 20.2                         | 19.1  |
| MOE flexión (Gpa)                | 0.89                                    | 0.88  | 0.51              | 1     | 1.3                       | 1.2   | 1                            | 0.6   |
| Impacto (J)                      | 0.4                                     | 0.4   | 0.3               | 0.4   | 0.4                       | 0.4   | 0.4                          | 0.4   |

#### F. Intemperismo artificial

La variación de color total  $\Delta E$  después de intemperismo llegó a 32,5 para la proporción 50/50 y a 26 para la proporción 30/70.

En contenido de Humedad se obtuvo un valor de 1,4% para la proporción 50/50 y 0,8% para la proporción 30/70, la absorción de agua luego de 24 horas para ambas proporciones llegó a 19% y la prueba de hinchamiento luego de 24 horas se llegó a 2,4% para la proporción 50/50 y 2,6% para la proporción 30/70.

En el caso del MOR en flexión, los valores llegan a aumentar hasta 29,4 Mpa para la proporción 50/50 y para la proporción 70/30 aumenta hasta 23,7 Mpa. Y En el caso del MOE en flexión los valores llegan a aumentar hasta 2,0 GPa para la proporción 50/50 y para la proporción 70/30 aumenta hasta 1,1 GPa. Estos incrementos, contrarios a lo esperado, se deben al proceso de cristalización del polipropileno.

La resistencia de los compuestos en tensión es inversamente proporcional con la cantidad de partículas lo que se corresponde en este estudio con la menor resistencia que presenta la proporción 50/50 en comparación con la proporción 70/30.

#### 5. CONCLUSIONES

- Se logró un protocolo de fabricación de materia-

les compuestos de bambú y plástico siguiendo dos procesos: extrusión y compresión.

- El bambú demostró un comportamiento aceptable para la elaboración de materiales compuestos de bambú y plástico.

- Los valores más elevados en las propiedades físicas y mecánicas de los materiales compuestos se obtuvieron con la proporción de 30% de bambú y 70% de polipropileno.

- La utilización de tamaño de partícula -40/+60 y la adición de agente acoplante expresaron los mejores resultados.

- El agente acoplante demostró un comportamiento positivo para la inhibición en la absorción de humedad.

- Los materiales compuestos de bambú y plástico presentaron valores aceptables en los ensayos de biodeterioro e intemperismo.

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

Mercedes, J. 2006. Cultivo del bambú. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. CEDAF, Santo Domingo, DO. 37 p.

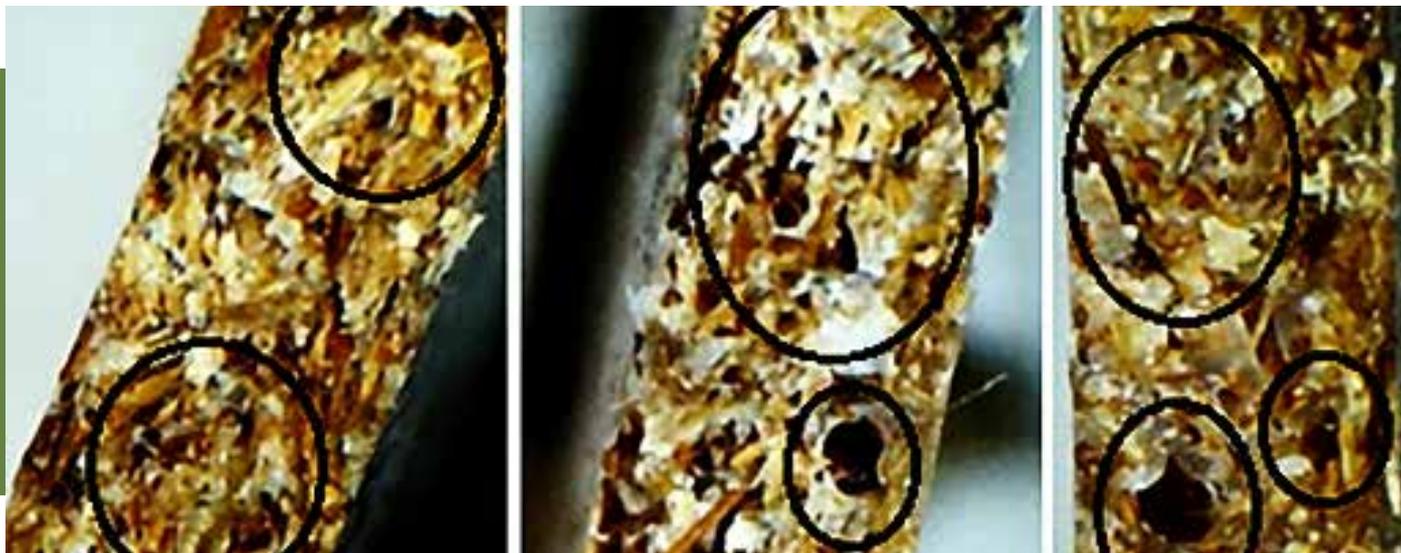
INVESTIGACIONES

# EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL COMPUESTO ELABORADO CON BAMBÚ (*Guadua angustifolia kunth*) Y POLIPROPILENO

— Autor: Lázaro León, Karen C.<sup>1</sup>; Gonzales Mora, Héctor E.<sup>2</sup>; Cárdenas Oscanoa, Aldo J.<sup>3</sup>  
Institución: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Resumen de artículo en scielo. rev. mex de cienc. forestales vol.7 n°38 México nov./ dic. 2016.

Correos: 1. kphiru@hotmail.com 2. egonzales@lamolina.edu.pe 3. acardenas@lamolina.edu.pe



**Figura 1.** Imágenes de espacios vacíos (dentro de círculos) en la sección transversal de materiales compuestos bambú/plástico obtenidos con tamaño de malla -60/+80 y proporciones 50/50, 40/60 y 30/70, respectivamente.

Fotografía. Proyecto PNICP-414-PIAP-2014.

## 1. RESUMEN

Se fabricaron materiales compuestos con partículas de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) y polipropileno, reforzados con y sin agente acoplante (anhidrido maléico de polipropileno-MAPP) y elaborados con el método de extrusión y compresión con tres tamaños de malla ASTM (-20/+40, -40/+60 y -60/+80), tres proporciones de mezcla bambú/plástico (50/50, 40/60 y 30/70) y con 0 y 2% de MAPP, obteniéndose en total 18 formulaciones, en las que se evaluaron propiedades mecánicas de tensión, flexión e impacto. Se concluyó que los materiales compuestos con tamaño de malla -60/+80, 30 por ciento de contenido de partícula de bambú y con la presencia de agente acoplante fueron los que mostraron los valores más altos que el resto, por otro lado, los materiales compuestos con tamaño de malla -20/+40, 50 por ciento de contenido de partícula de bambú y sin agente acoplante fueron los que presentaron los menores valores.

## 2. INTRODUCCIÓN

Los materiales compuestos se usan desde la antigüedad (Pérez, 2012). A partir de 1939 se emplearon las fibras naturales como refuerzo de una matriz plástica, para el año 2000 se utilizó en diferentes aplicaciones para los autos usando fibras de kenaf, abacá, cáñamo y lino; a partir del 2004 se comenzó a producir partes de artículos electrónicos como estuches de celulares y carcasas usando fibras de kenaf y del 2006 en adelante se confeccionaron artículos deportivos usando fibras de cáñamo, lino y kenaf (Brief, 2011).

## 3. METODOLOGÍA

Para el presente estudio se utilizó partículas provenientes de la parte apical de cañas residuales de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth). Las cañas fueron colectadas en el distrito La Florida – Cajamarca, luego se secaron, chipearon, molieron, tamizaron y volvieron a secar para la obtención de materiales compuestos con polipropileno (PP) reforzados sin y con agente acoplante (anhidrido maléico de polipropileno-MAPP). Se elaboraron materiales compuestos por el método de extrusión y compresión con tamaños de malla ASTM: -20/+40, -40/+60 y -60/+80, proporciones de mezcla bambú/plástico: 50/50, 40/60 y 30/70 y; con 0 y 2% de MAPP. En total se obtuvieron 18 formulaciones, las cuales se evaluaron en sus propiedades mecánicas de tensión, flexión e impacto.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la propiedad de tensión, en cuanto a su resistencia máxima se observa que las formulaciones que contuvieron MAPP en su composición obtuvieron valores más altos pero no superaron el valor del plástico, estos resultados se pueden deber a la aglomeración de las partículas, irregularidad de la forma del relleno, así como una baja interacción entre el refuerzo y la matriz produciendo una mala transferencia de esfuerzo por lo que la carga actuó como un defecto en vez de un refuerzo en la matriz haciendo que se produzca la grieta más rápido (Liu *et al.* 2008; Rosa *et al.* 2009; Idrus *et al.* 2011; Cárdenas, 2012; Santos *et al.* 2012; Moya *et al.* 2012; Naghmouchi *et al.* 2013;

Ravi Kumar *et al.* 2014) (ver Figura 2).

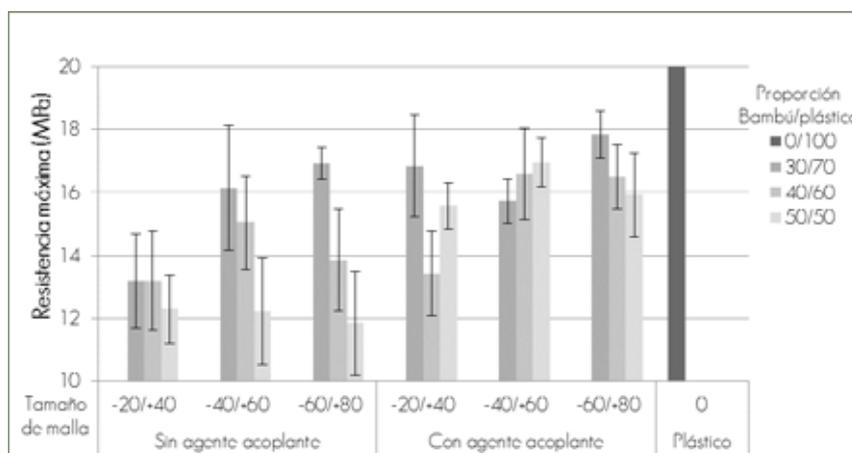
Para la propiedad de flexión, su resistencia máxima muestra valores superiores en los compuestos que tuvieron MAPP en su composición, pero al igual que en tensión no superaron al valor del plástico. Al igual que en los resultados de la resistencia máxima en tensión, los materiales compuestos que tuvieron agente acoplante en su composición aumentaron su resistencia lo cual nos podría indicar que las partículas formaron enlaces ésteres favoreciendo a soportar más carga (Rosa *et al.* 2009) (ver Figura 3).

En la propiedad de impacto, se observa que no hay una tendencia marcada con respecto a la energía absorbida por el material compuesto, al parecer numéricamente todas son parecidas y ninguna superó el valor del plástico, estos resultados se pueden de-

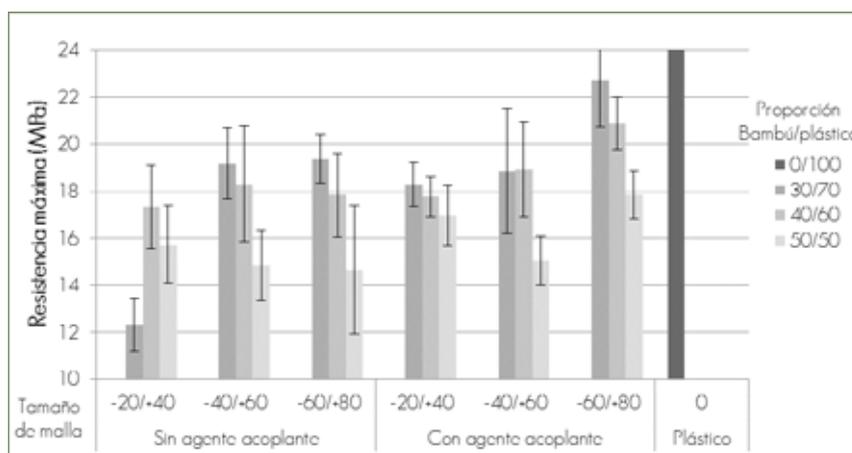
ber a una inadecuada adhesión de los materiales generando microespacios entre las partículas y la matriz, además al incrementar la cantidad de partículas puede haber una aglomeración de las mismas por la pobre dispersión en la matriz (Stark y Rowland, 2003; Ravi Kumar *et al.* 2014; Bahari y Krause, 2016) (ver Figura 4).

### 5. CONCLUSIÓN

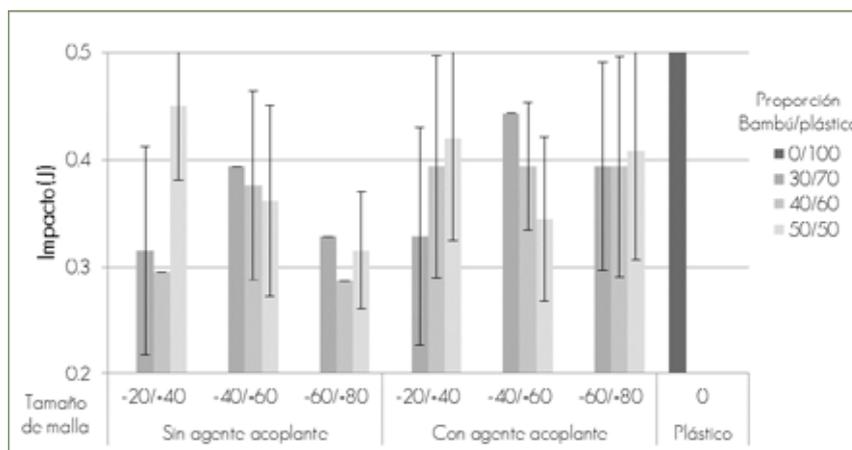
Los materiales compuestos con tamaño de malla -60/+80, 30 por ciento de contenido de partícula de bambú y con la presencia de agente acoplante fueron los que mostraron los valores más altos que el resto, por otro lado, los materiales compuestos con tamaño de malla -20/+40, 50 por ciento de contenido de partícula de bambú y sin agente acoplante fueron los que presentaron los menores valores.



**Figura 2.** Resistencia máxima a la tensión de los materiales compuestos Bambú/plástico elaborados.



**Figura 3.** Resistencia máxima en flexión de los materiales compuestos bambú/plástico elaborados.



**Figura 4.** Resistencia al impacto de los materiales compuestos bambú/plástico elaborados.

# PULPA QUÍMICA, MÉTODO SODA-ANTRAQUINONA, A PARTIR DE TALLOS DE *Guadua angustifolia* Kunth y *Bambusa vulgaris*

—Autores: Rubio Alvarez, María F.<sup>1</sup>; Gonzales Mora, Héctor E.<sup>2</sup>  
Institución: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Correos: **1.** ferrubioalvarez@gmail.com **2.** egonzales@lamolina.edu.pe

## 1. RESUMEN

En el presente estudio se evalúa la influencia de dos variables en la obtención de pulpa, utilizando el método soda-antraquinona, a partir de material lignocelulósico de dos especies de Bambú (*Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris*). Las variables del proceso estudiado son: especie, concentración de reactivo (NaOH), a 3 diferentes concentraciones (16, 18 y 22%), Factor H utilizado (1000, 1200 y 14000) y ; grado de refinado al que se somete a la pulpa medido por el Grado de drenabilidad (°SR). En el procedimiento del estudio se sometió la materia prima a un proceso de astillado, luego las astillas fueron sumergidas en agua por un periodo de 24 horas, para luego seguir un proceso de pulpeo químico utilizando el método soda-antraquinona. La pulpa obtenida, fue pasada por un proceso de refinado a 4000 y 6000 revoluciones, para luego formar las hojas de ensayo que fueron posteriormente sometidas a una evaluación de aptitud papelerera. De los resultados obtenidos, se concluyó que el álcali activo influye de manera significativa en las propiedades físico-mecánicas de ambas especies en estudio, y que la *Bambusa vulgaris* tiene una mejor aptitud papelerera que la *Guadua angustifolia*.

## PALABRAS CLAVES

Soda-antraquinona, Factor H, Álcali activo, Propiedades físico-mecánicas.

## 1. ABSTRACT

In the present study, the influence of two variables in the extraction of pulp is evaluated, using the soda-antraquinone method with lignocellulosic material from two Bamboo species (*Guadua angustifolia* and *Bambusa vulgaris*). The variables of the process in study are: species, reactive concentration (NaOH), at 3 different concentrations (16, 18 and 22%), Factor H used (1000, 1200 and 14000) and ; degree of refinement to which the pulp is subjected as measured by the Degree of drainability (°SR). In the study, the raw material went through a process of chipping, then the chips were submerged in water for 24 hours, followed by a chemical pulping process using the soda-antraquinone method. The pulp obtained was passed through a refining process at 4000 and 6000 revolutions, to then form the test sheets that were subsequently subjected to an evaluation of paper capacity. From the results obtained, it is concluded that active alkali significantly influences the physical-mechanical properties of both species under study, and that *Bambusa vulgaris* has a better paper capacity than *Guadua angustifolia*.

## KEY WORDS

Soda-antraquinone, H Factor, Active alkali, Physical-mechanical properties.

## 2. INTRODUCCIÓN

La fabricación de pasta, papel y derivados del papel alcanza cifras que sitúan a esta industria entre las más grandes del mundo. En la actualidad, el consumo de papel a nivel mundial ha mantenido un crecimiento constante, por lo que es de vital importancia cubrir la demanda, logrando la armonía entre la naturaleza y la industria, utilizando materias primas alternativas a la madera.

Dentro de las fibras no madereras para la producción de papel se encuentra el bambú. Cruz (2009) señala que Brasil posee grandes plantaciones comerciales de bambúes como generadoras de materia prima para la producción de celulosa, papel y alcohol etílico; y otros países como China e India, han optado desde hace muchos años por la fabricación de papel en base a este. Da Costa *et al.* (2015) señala que una plantación de bambú presenta ventajas silviculturales frente a una plantación de árboles, ya que su crecimiento es más rápido, hay una renovación a corto plazo y su propagación es bastante sencilla.

Según el inventario de bambúes, realizado por Londoño (1998) para América Latina y en particular para el Perú, existen 37 especies reunidas en 8 géneros. Los departamentos de Pasco y del Cuzco son los que albergan la mayor diversidad, mientras que los departamentos de Madre de Dios y Amazonas son los que tienen la mayor área cubierta por bambúes. Dentro de las especies más utilizadas en el Perú encontramos a la especie *Guadua angustifolia*, la cual se comercializa a nivel rollizo en el norte del Perú.

Por lo expuesto, se puede ver que el bambú en nuestro país es un recurso abundante y diverso, con una gran potencialidad de desarrollo que podría ser incorporado en la economía nacional, de allí que, una alternativa a optarse, sería incursionar en la industria papelerera, la cual tiene un crecimiento constante de la mano con el crecimiento demográfico. En ese sentido, es importante realizar estudios de factibilidad para la instalación de plantas pilotos e investigar las características papeleras de las especies que en la actualidad se tienen dentro de nuestro territorio. Dicho esto, el presente busca evaluar la influencia de dos variables en la obtención de pulpa para papel, utilizando el método soda-antraquinona, a partir de

material lignocelulósico de dos especies de Bambú (*Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris*). Las variables del proceso estudiado son: especie, concentración de reactivo (NaOH), a 3 diferentes concentraciones (16, 18 y 22%) y Factor H utilizado (1000, 1200 y 14000).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Evaluar las pulpas celulósicas obtenidas a partir de *Guadua angustifolia* proveniente de La Florida (Cajamarca) y *Bambusa vulgaris* proveniente de Mala (Lima).

#### 3.2. Objetivo específicos

1. Determinar la aptitud de los culmos de las especies *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* bajo la influencia de las variables, álcali activo y factor H, del proceso químico soda-antraquinona.
2. Determinar las propiedades químicas y papeleras de la pulpa de la especies *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* obtenidas bajo las condiciones señaladas.

### 4. HIPÓTESIS

*Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* son aptas para la producción de pulpa y la elaboración de papel.

### 5. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 5.1. Área de ejecución

El estudio se realizó en el Laboratorio de Pulpa y Papel del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicado en la Av. La Molina S/N, en el Distrito de La Molina, Provincia de Lima, Departamento de Lima.

#### 5.2. Material utilizado

Constituido por muestras de material lignocelulósico (culmos) de *Guadua Angustifolia* proveniente de La Florida (Cajamarca) y *Bambusa vulgaris* proveniente del distrito de Santa Cruz de Flores, Mala (Lima).

### 6. METODOLOGÍA

#### 6.1. Preparación de la materia prima para la obtención de pulpa

Las muestras de cada especie fueron astilladas utilizando una sierra de disco, una ingleteadora y un machete, obteniendo astillas con dimensiones promedio: 5 x 5 x 3 mm. Las astillas de cada especie fueron mezcladas proporcionalmente y se dejaron secar al aire para evitar su deterioro. Luego, se calculó la humedad de las astillas y se armaron paquetes de 300 g de masa seca para cada tratamiento durante el proceso de digestión.

#### 6.2. Obtención de pulpa

Previamente al proceso de digestión, las astillas fueron sumergidas en agua durante 24 horas, con el fin de facilitar la difusión de los reactivos en la materia prima. El proceso de digestión se llevó a cabo en un digestor rotatorio de laboratorio con capacidad de 15 L, dotado de cuatro obuses, cada uno de los cuales

tiene la capacidad de procesar 150 g. de masa seca de muestra. Durante el proceso de cocción se controló cada 05 minutos los valores de temperatura y presión, para la estimación del factor H y la elaboración de los diagramas de cocción.

Las condiciones de digestión utilizadas se especifican en la [Tabla 1](#).

**Tabla 1.** Condiciones de digestión de las pulpas.

| Reactivos                            | NaOH, AQ         |
|--------------------------------------|------------------|
| Alcalí activo (%)                    | 18, 20, 22       |
| Cantidad de materia seca (%)         | 300              |
| Relación licor total / bambú         | 4 / 1            |
| Temperatura de deslignificación (°C) | 170 ± 2          |
| Factor H                             | 1000, 1200, 1400 |
| Antraquinona (%)                     | 0,05 %           |

#### 6.3. Lavado de pulpa y obtención del rendimiento

Finalizado el proceso de digestión se procedió a apagar el digestor y se bajó la presión a cero para luego proceder a descargar la pulpa. Para realizar esto, se sacaron los obuses y se enfriaron con ayuda de un balde de agua. Luego, el licor negro fue separado y cuantificado para calcular su densidad.

Posteriormente se lavó la pulpa obtenida en bolsas de tela hasta eliminar todo el licor negro residual, se eliminó el exceso de agua de esta con ayuda del centrifugador y se obtuvo el peso húmedo obtenido.

A partir de este paso se determinó el contenido de humedad de la pulpa para posteriormente obtener el rendimiento y porcentaje de incocidos ([ver Figura 1](#)), utilizando la fórmula mostrada.

#### FÓRMULA

$$\text{Rendimiento } R (\%) = \frac{\text{Pulpa seca (PS)}}{\text{Masa seca (MS)}} * 100$$

Dónde

R = Rendimiento %

PS = Pesp pulpa seca (g)

MS = Materia seca utilizada (g)

#### 6.4. Refinado de la pulpa y control de refinado

El refinado de la pulpa se realizó en el refinador PFI ([ver Figura 2](#)), siguiendo la norma TAPPI T 248. Para determinar el número de revoluciones a realizar se hicieron pruebas previas tratando de obtener un SR° mayor a 40, determinándose que se harían pruebas con dos niveles de refinado: a 4000 y 6000 revoluciones por cada proceso.

Por cada pulpa obtenida, se pesó 30 g de masa seca,



**Figura 1.** Incocidos y pulpa de *Guadua angustifolia*. Fotografía. CIB



**Figura 2.** Refinador PFI. Fotografía. CIB

se refinó y se procedió al control de refinado utilizando el método Schopper Riegler (°SR), según la norma SCAN-M 3:65.

**6.5. Formación y acondicionamiento de hojas de ensayo:**

Las formaciones de hojas para los ensayos físicos se realizaron conforme a la norma TAPPI 205 os-71 con cada una de las pulpas obtenidas, obteniendo 18 paquetes de 7 hojas de aproximadamente 2 g por cada especie.

Las hojas se acondicionaron según la norma NTP-ISO 187 a 20° ± 2 °C de temperatura y a 65% de HR ± 2% HR.

**6.6. Ensayos físico-mecánicos de las hojas de ensayos:**

Se realizaron los siguientes ensayos físico-mecánicos conforme a las normas técnicas enumeradas en la Tabla 2.

**7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**7.1. Proceso de cocción**

Los rendimientos obtenidos para ambas especies (ver Tabla 3) con un factor H de 1000, utilizando un 18 por ciento de álcali activo son mayores que los obtenidos por Clark & White (1966) quien obtuvo la pulpa a la soda sin aditivos. Esto puede deberse al uso de antranquinona en la presente investigación, la cual según Lowehdal citado por López *et al.* (1995) estabiliza los carbohidratos y oxida azúcares finales

**Tabla 2.** Normas de los ensayos físico-mecánicos de las hojas de pulpa.

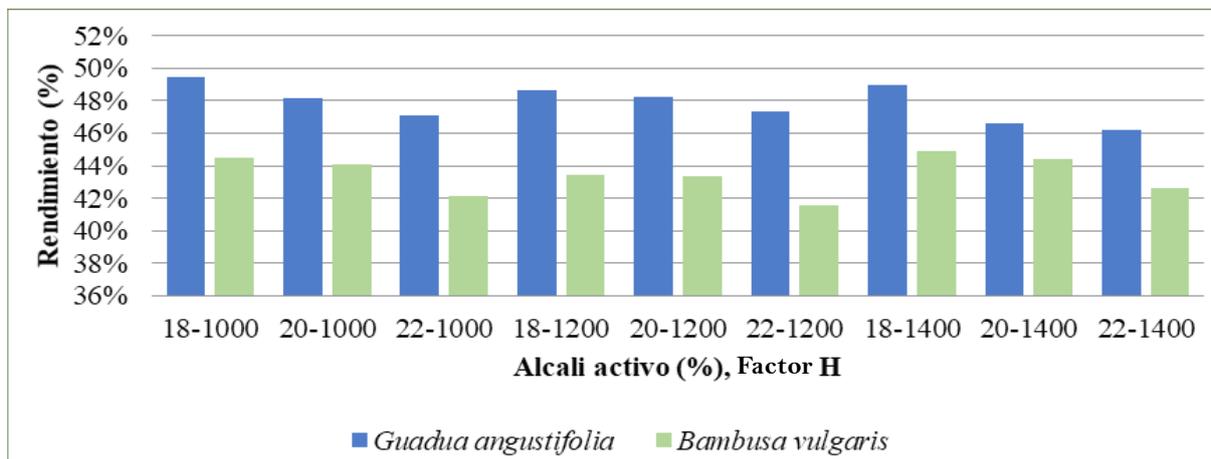
| PROPIEDAD                    | NORMA O MÉTODO        |
|------------------------------|-----------------------|
| Humedad de las hojas         | NTP-ISO 287           |
| Gramaje                      | NTP-ISO 536           |
| Espesor y densidad           | NTP-ISO 534           |
| Resistencia a la tensión     | Norma TAPPI 404 cm-92 |
| Alargamiento por tensión     | Norma TAPPI 404 cm-92 |
| Resistencia al rasgado       | Norma TAPPI 220 os-71 |
| Determinación de blancura    | Norma TAPPI 562 om-10 |
| Determinación de la opacidad | Norma TAPPI 425 om-96 |
| Doble pliegues               | Norma TAPPI 511 om-96 |
| Permeabilidad: Método Gurley | Norma TAPPI 460 om-96 |

presentes en la celulosa y hemicelulosa, obteniendo un mayor rendimiento, debido al aumento en las tasas de deslignificación.

Como se observa en la Figura 3 los rendimientos obtenidos para la *Guadua angustifolia* son mayores que los obtenidos para la especie *Bambusa vulgaris* independientemente de las variables utilizadas, lo cual coincide con Clark & White (1966) quienes haciendo un estudio comparativo entre ambas especies, obtuvieron rendimientos mayores en la especie *Guadua angustifolia*.

Por otro lado en general, a mayor cantidad de álcali activo empleado, menor fue el rendimiento obtenido de la pulpa, independientemente del factor H utilizado (ver Tabla 3).

El resultado del estudio biométrico de fibras de las especies en estudio se presenta en la Tabla 4, obser-



**Figura 3.** Comparación de rendimientos de pulpa química entre las especies *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris*.

**Tabla 3.** Rendimientos de pulpa química obtenida a partir de tallos de *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris*.

| Factor H | Álcali activo (%) | <i>Guadua angustifolia</i> |                          | <i>Bambusa vulgaris</i> |                          |
|----------|-------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
|          |                   | Incocidos (%)              | Rendimiento promedio (%) | Incocidos (%)           | Rendimiento promedio (%) |
| 1000     | 18                | 4.31                       | 49.44                    | 5.95                    | 44.49                    |
|          | 20                | 4.00                       | 48.13                    | 5.23                    | 44.07                    |
|          | 22                | 4.03                       | 47.09                    | 4.31                    | 42.10                    |
| 1200     | 18                | 3.39                       | 48.63                    | 5.25                    | 43.45                    |
|          | 20                | 3.67                       | 48.22                    | 5.12                    | 43.32                    |
|          | 22                | 2.53                       | 47.37                    | 4.34                    | 41.56                    |
| 1400     | 18                | 2.60                       | 48.96                    | 5.20                    | 44.92                    |
|          | 20                | 2.56                       | 46.60                    | 4.51                    | 44.39                    |
|          | 22                | 2.40                       | 46.19                    | 4.50                    | 42.63                    |

**Tabla 4.** Resultados de estudio biométrico de las especies *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris*.

| ESPECIE                             | <i>Guadua angustifolia</i> | <i>Bambusa vulgaris</i> |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Longitud de fibra (mm)              | 2.70                       | 2.19                    |
| Diámetro de fibra ( $\mu\text{m}$ ) | 12.95                      | 14.23                   |
| Grosor de pared ( $\mu\text{m}$ )   | 5.32                       | 2.39                    |
| Diámetro de lumen ( $\mu\text{m}$ ) | 7.63                       | 11.85                   |
| Índice de Runkel                    | 1.40                       | 0.40                    |

vando que la longitud de fibra promedio de *Bambusa vulgaris* (2.19 mm) es inferior a la encontrada por Egdevole *et al.* (2015), quien hizo un estudio anatómico de cúlmos de *Bambusa vulgaris* provenientes de Sarawa (Nigeria). Sin embargo, este mismo valor es superior al encontrado por Rodríguez y Cáceres (1982).

En cuanto al diámetro de fibras, la *Bambusa vulgaris* (14.23  $\mu\text{m}$ ) es superior al encontrado por Rodríguez y Cáceres (1982), y similar al encontrado por Egdevole *et al.* (2015). El grosor de pared celular de *Bambusa vulgaris* (2.39  $\mu\text{m}$ ) es similar a los resultados de los estudios realizados por Egdevole *et al.* (2015), y Rodríguez y Cáceres (1982).

Con respecto a la especie *Guadua angustifolia*, el valor de la Longitud promedio de fibra es superior a la encontrada por Zaragoza *et al.* (2014), quienes hicieron un estudio biométrico de cúlmos de la especie *Guadua aculeata* Rupr. Proveniente de Puebla (México).

## 7.2. Propiedades físico-mecánicas

Para la evaluación de las propiedades mecánicas se hizo un ajuste para llegar a un Grado de refinado 45 obteniendo los resultados mostrados en la [Tabla 5](#). Para la especie *Guadua angustifolia* existe evidencia estadística que demuestra que el porcentaje de álcali utilizado afecta de manera significativa al espesor. Como se observa en la [Figura 4](#), existe una corre-

lación negativa entre el espesor y el porcentaje de álcali activo utilizado, lo cual coincide con lo expuesto por Gonzales y Bueno (1987), quienes relacionan el espesor de manera inversamente proporcional con la cantidad de lignina residual, la cual esta inversamente relacionada al álcali utilizado.

El papel elaborado en base a tallos de la especie *Bambusa vulgaris* tiene mayor blancura que la *Guadua angustifolia*. Esto se debe al menor rendimiento de pulpa de *Bambusa vulgaris*, lo cual está directamente relacionado al menor contenido de lignina residual que esta posee, la cual según Gonzáles y Bueno (1986) tiene un efecto positivo en la blancura de los papeles. Casey (1980) coincide con dichos autores señalando que los grupos cromofóricos de la lignina son responsables del 90 por ciento del color oscuro de la pulpa.

La longitud de rotura para la especie *Bambusa vulgaris* es mayor que la de la especie *Guadua angustifolia*, lo cual está relacionado al menor porcentaje de lignina residual que la *Bambusa vulgaris* posee, deducido a partir del rendimiento que la pulpa que esta especie tuvo. Casey (1980) coincide con esta observación, señalando que en general la resistencia de las pulpas disminuye con el aumento del rendimiento debido a los mayores porcentajes de lignina residual.

En la [Figura 5](#) se observa que durante la digestión, el índice de rotura de la especie *Bambusa vulgaris* disminuye, lo cual difiere a lo expuesto por Rodríguez corroborado por Casey (1982), quien señala que a mayor álcali activado empleado se observa un incremento en la longitud de rotura.

También, se puede ver que en general existe una relación directa entre el índice de rasgado y el gramaje del papel. Lo cual coincide con lo señalado por Vizcaíno (2009), quien señala que el gramaje de un papel es proporcional al índice de rasgado.

En cuanto a doble pliegues, se muestra en la [Figura 6](#) existe una correlación negativa entre el álcali activo utilizado y los dobles pliegues para ambas especies. Esto coincide con Rodríguez corroborado por Casey (1982), quien señala que, a mayor álcali activado empleado, disminuyen los dobles pliegues e índice de reventamiento.

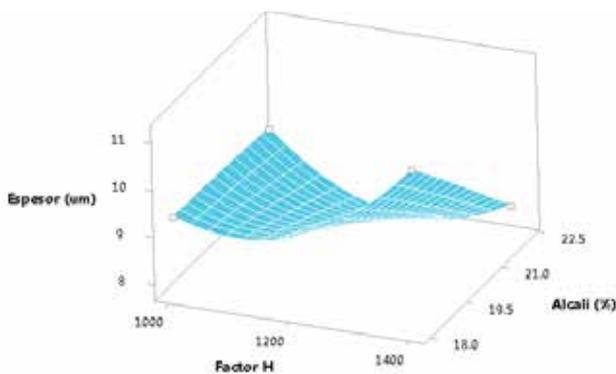
## 8. CONCLUSIONES

- En base a las propiedades físico-mecánicas de las hojas y a las especificaciones de las normas técnicas peruanas, ambas especies podrían utilizarse en la fabricación de papel envoltura delgado.

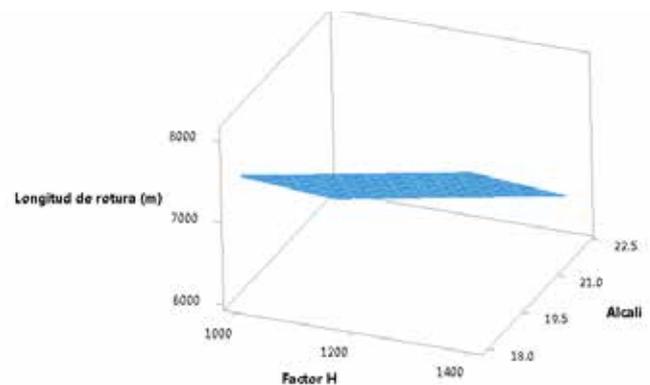
- El porcentaje de álcali activo influye sobre las propiedades espesor, permeabilidad, longitud de rotura, alargamiento y doble pliegues en la especie *Guadua angustifolia*. Mientras que para la *Bambusa vulgaris* este factor influye en: la permeabilidad, la longitud de rotura, el alargamiento y doble pliegues.

**Tabla 5.** Propiedades físico-mecánicas de las especies *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris*.

| ESPECIE                    | FACTOR H | ÁLCALI (%) | SHOPPER (°SR) | GRAMAJE (g/m <sup>2</sup> ) | ESPESOR (mm) | BLANCURA (mm) | OPACIDAD (%) (mm) | PERMEABILIDAD (seg) | LONGITUD DE ROTURA (m) (seg) | ALARGAMIENTO (mm) | RASGADO (Mn-m <sup>2</sup> /g) | DOBLE PLIEGUES (N°) |
|----------------------------|----------|------------|---------------|-----------------------------|--------------|---------------|-------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------|
| <i>Guadua angustifolia</i> | 1000     | 18         | 45            | 66.7                        | 9.67         | 30.04         | 96.7              | 1.44                | 7941                         | 4.13              | 6.32                           | 480                 |
|                            | 1000     | 20         | 45            | 66.0                        | 9.14         | 30.86         | 98.4              | 1.74                | 6124                         | 3.97              | 6.48                           | 460                 |
|                            | 1000     | 22         | 45            | 60.3                        | 9.22         | 33.86         | 97.9              | 1.40                | 5479                         | 3.93              | 5.44                           | 436                 |
|                            | 1200     | 18         | 45            | 66.1                        | 9.12         | 30.14         | 99.4              | 1.50                | 6562                         | 4.47              | 8.08                           | 500                 |
|                            | 1200     | 20         | 45            | 62.6                        | 8.41         | 25.79         | 97.4              | 1.80                | 5755                         | 4.03              | 6.13                           | 480                 |
|                            | 1200     | 22         | 45            | 60.7                        | 8.54         | 27.79         | 97.7              | 1.64                | 6063                         | 3.79              | 4.96                           | 488                 |
|                            | 1400     | 18         | 45            | 59.9                        | 11.14        | 25.86         | 98.2              | 1.30                | 6542                         | 4.45              | 6.00                           | 560                 |
|                            | 1400     | 20         | 45            | 64.6                        | 10.28        | 22.14         | 98.6              | 1.97                | 7308                         | 4.44              | 6.00                           | 460                 |
|                            | 1400     | 22         | 45            | 62.5                        | 8.82         | 29.86         | 96.3              | 1.59                | 6123                         | 3.94              | 6.12                           | 452                 |
|                            | 1000     | 18         | 45            | 63.8                        | 8.33         | 30.71         | 96.9              | 1.60                | 6271                         | 4.25              | 5.36                           | 448                 |
|                            | 1000     | 20         | 45            | 63.9                        | 8.78         | 29.79         | 98.1              | 2.70                | 5817                         | 4.73              | 7.37                           | 388                 |
|                            | 1000     | 22         | 45            | 65.3                        | 9.64         | 27.29         | 98.4              | 1.90                | 6780                         | 4.81              | 5.36                           | 380                 |
|                            | 1200     | 18         | 45            | 58.4                        | 8.00         | 30.79         | 98.2              | 2.14                | 6422                         | 5.12              | 7.76                           | 488                 |
|                            | 1200     | 20         | 45            | 74.3                        | 8.52         | 26.07         | 98.2              | 2.27                | 5174                         | 4.29              | 7.00                           | 452                 |
|                            | 1200     | 22         | 45            | 68.4                        | 8.90         | 27.57         | 99.8              | 1.90                | 5640                         | 4.11              | 6.12                           | 440                 |
|                            | 1400     | 18         | 45            | 65.2                        | 8.97         | 29.29         | 97.5              | 1.79                | 4766                         | 3.98              | 4.68                           | 460                 |
| 1400                       | 20       | 45         | 67.8          | 9.05                        | 22.00        | 95.9          | 1.97              | 6836                | 4.76                         | 5.40              | 440                            |                     |
| 1400                       | 22       | 45         | 61.8          | 8.04                        | 26.79        | 95.9          | 1.38              | 9663                | 4.22                         | 5.40              | 432                            |                     |
| <i>Bambusa vulgaris</i>    | 1000     | 18         | 45            | 65.1                        | 8.70         | 34.64         | 100.0             | 1.44                | 8201                         | 5.57              | 7.22                           | 404                 |
|                            | 1000     | 20         | 45            | 59.5                        | 7.49         | 36.64         | 97.6              | 1.77                | 6557                         | 5.73              | 8.11                           | 371                 |
|                            | 1000     | 22         | 45            | 61.1                        | 7.04         | 35.71         | 99.7              | 1.51                | 61.53                        | 5.72              | 6.51                           | 347                 |
|                            | 1200     | 18         | 45            | 61.6                        | 7.59         | 33.07         | 99.1              | 1.58                | 7133                         | 6.17              | 7.00                           | 414                 |
|                            | 1200     | 20         | 45            | 67.1                        | 8.64         | 33.93         | 99.4              | 1.91                | 6429                         | 5.81              | 7.35                           | 391                 |
|                            | 1200     | 22         | 45            | 65.6                        | 8.94         | 37.50         | 97.0              | 1.68                | 6513                         | 5.47              | 7.48                           | 402                 |
|                            | 1400     | 18         | 45            | 66.0                        | 8.28         | 34.00         | 98.5              | 1.78                | 8563                         | 6.37              | 7.76                           | 470                 |
|                            | 1400     | 20         | 45            | 64.5                        | 8.35         | 33.21         | 98.4              | 1.84                | 7137                         | 6.11              | 7.07                           | 363                 |
|                            | 1400     | 22         | 45            | 58.5                        | 6.97         | 39.00         | 97.2              | 1.68                | 6780                         | 5.79              | 7.10                           | 356                 |
|                            | 1000     | 18         | 45            | 63.9                        | 7.70         | 35.93         | 98.5              | 1.56                | 6341                         | 5.46              | 6.99                           | 373                 |
|                            | 1000     | 20         | 45            | 60.2                        | 7.20         | 37.93         | 97.4              | 2.88                | 6698                         | 6.20              | 7.55                           | 307                 |
|                            | 1000     | 22         | 45            | 62.4                        | 7.82         | 36.71         | 100.0             | 2.01                | 7402                         | 6.31              | 6.78                           | 296                 |
|                            | 1200     | 18         | 45            | 60.7                        | 7.46         | 34.64         | 98.8              | 2.04                | 6268                         | 6.22              | 6.06                           | 417                 |
|                            | 1200     | 20         | 45            | 63.8                        | 8.35         | 36.36         | 97.5              | 2.40                | 5813                         | 5.23              | 5.65                           | 393                 |
|                            | 1200     | 22         | 45            | 62.9                        | 7.94         | 35.57         | 98.7              | 2.03                | 6366                         | 5.70              | 7.18                           | 352                 |
|                            | 1400     | 18         | 45            | 65.1                        | 7.32         | 34.71         | 100.5             | 2.04                | 5888                         | 5.48              | 6.79                           | 379                 |
| 1400                       | 20       | 45         | 64.1          | 7.22                        | 35.57        | 97.6          | 1.78              | 6388                | 6.03                         | 7.08              | 359                            |                     |
| 1400                       | 22       | 45         | 60.9          | 7.30                        | 38.21        | 98.6          | 1.78              | 11356               | 5.95                         | 6.10              | 344                            |                     |

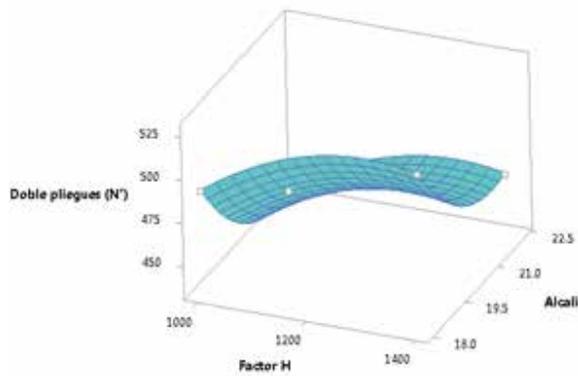


**Figura 4.** Comparación de rendimientos de pulpa química entre las especies *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris*.

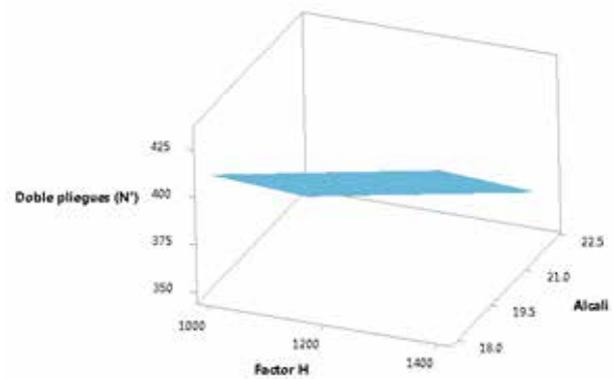


**Figura 5.** Superficie de respuesta de la longitud de rotura (m) en relación al factor H y álcali (%) de la especie *Bambusa vulgaris*.

### *Guadua angustifolia*



### *Bambusa vulgaris*



**Figura 6.** Superficie de respuesta de los doble pliegues en relación al factor H y álcali (%) para *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris*.

- Los rendimientos obtenidos de pulpa química a partir de culmos de la especie *Guadua angustifolia* son superiores a los obtenidos bajo las mismas condiciones trabajando con culmos de *Bambusa vulgaris*.

- La calidad del papel proveniente de los culmos de la especie *Bambusa vulgaris* es superior al papel obtenido a partir de culmos de *Guadua angustifolia*, a partir del análisis de las propiedades físico-mecánicas encontradas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- CASEY, J. (1980). Pulp and paper. Vol. 1: Chemistry and Chemical Technology. 3ra. Edición. New York. 817 p.
- CRUZ, H. (2009). Bambú Guadua. *Guadua angustifolia* kunth. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones en México. 990 p.
- CLARK, T. WHITE, G. (1966). Fiber and paper making characteristics of bamboo. Boletín Técnico Nro. 1961. Servicio de Investigación de Agricultura. USA.
- DA COSTA, V. DA SILVA, A. MARABEZI. (2015). Bamboo cellulosic pulp produced by the ethanol/water process for reinforcement applications. Revista Ciência Florestal. Vol. 25. N°1. Santa Maria, Brasil; p. 127-135.
- EGBEWOLE, Z. ROTOWA, O. OMOAKE, P. (2015). Evaluation of fibre quality of *Bambusa vulgaris* (Bamboo) as a raw material for pulp and paper Production. PAT. Nigeria. Vol. 11 (2); 188-202.
- GONZÁLES, E. BUENO, J. (1986). Influencia de la lignina residual en las propiedades físico-mecánicas de la pulpa química al sulfato de *Huamansamana* (*Jacaranda copaiba* Aubl).
- Revista Forestal del Perú. Vol.13 N°2. Lima; p 1-13.
- INACAL (1992). Norma Técnica Peruana de papel y cartón.
- LÓPEZ, E. SCHEUCH, H. GONZALES, E. (1995). Pulpa química y semiquímica al sulfato y a la soda con antraquinona de *Podocarpus montanus*. Revista Forestal del Perú. Vol. 22 N°1-2. Lima; p 27-33.
- LONDOÑO, X. (1998). Evaluation of Bamboo Resources in Latin America. Final Report Project 96-8300-01-4, INBAR. M.
- RODRIGUEZ, J. (1970). Los controles en la fabricación de Papel. Editorial Blume. 1ra. Edición. Madrid, España. 359 p.
- VIZCAÍNO, L. (2009). Influencia de la humedad y la temperatura en las características dieléctricas del papel Kraft. Tesis para obtener el título de Ing. Eléctrico. Universidad Carlos III de Madrid. Madrid, España. 131 p.
- ZARAGOZA-HERNÁNDEZ, I. BORJA DE LA ROSA, A. ZAMUDIO, J. ORDOÑEZ-CANDELARIA, V. BÁCENAS-PAZOS, G. (2014). Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. Revista Madera y Bosque. Vol. 20. N°3. Puebla, México; p 87-96.

INVESTIGACIONES

# BIOCHAR, VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGANICOS PROVENIENTES DE LA BIOMASA RESIDUAL DE LA ELABORACIÓN DE TABLILLAS DE BAMBÚ *Guadua angustifolia*

— Autores: Césare Coral, Mary F.<sup>1</sup>; Zamora Bringas, Paolo G.<sup>2</sup>; Gonzales Mora, Héctor E.<sup>3</sup>  
 Institución: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Correos: 1. mcesare@lamolina.edu.pe 2. paolozamora29@gmail.com 3. egonzales@lamolina.edu.pe



Figura 1. Biochar de bambú *Guadua angustifolia*. Fotografía. CIB

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el incremento de la población, demanda mayor cantidad de recursos naturales como suelos y materiales para usos estructurales, lo cual es preocupante por la pérdida de suelos de calidad para usos agrícolas debido a las actividades humanas y/o por la erosión natural de estos. Es por ello, que se usan enmiendas que permitan mejorar la calidad de los suelos, como el compost, vermicompost, humus, biochar, entre otras. El biochar es un material carbonizado que puede ser elaborado a partir de diferentes biomásas residuales.

El bambú constituye una alternativa sustentable de la madera, ya que requiere únicamente 5 años para ser aprovechado (aprovechamiento de recursos forestales maderables 20-40 años). El bambú es la materia prima para la elaboración de múltiples productos como: artesanías, muebles, estructuras, carbón vegetal, latillas, entre otros. Para este trabajo, se produjo el biochar con la biomasa residual de la elaboración de latillas de bambú *Guadua angustifolia*, provenientes de la localidad de Limoncito del distrito de la Florida, Cajamarca.

Sin embargo, la generación de residuos sólidos se produce desde la cosecha del bambú hasta la etapa

final de la elaboración de las tablillas de bambú, por el lijado y corte de las probetas de bambú, las cuales son la unidad fundamental en la elaboración de las tablillas, generándose gran cantidad de residuos sólidos aproximadamente 20 t/ha.año tal como reportan Gutiérrez *et al.* (2017). Los cuales deben ser adecuadamente manejados como lo establece el Reglamento de Manejo de los residuos sólidos del sector agrario, D.S. 016-2012-AG, así como el nuevo reglamento del decreto legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral del aprovechamiento Residuos Sólidos sub capítulo 3 artículo 62 inciso (e) donde indica las técnicas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos no municipales para su revalorización como la pirolisis, en este caso para obtener biochar para usos agrícolas, dado que muchos reportes indican que el biochar incrementa la fertilidad del suelo y con ello la productividad de los cultivos.

La International Biochar Initiative o IBI (2012) en su "Standardized Product Definition and Product Testing Guide lines for Biochar that is Used in Soil", define al biocarbón como "un material sólido obtenido de una conversión termoquímica de biomasa en un ambiente limitado de oxígeno" transformando los residuos sólidos orgánicos en un carbón fijo llamado

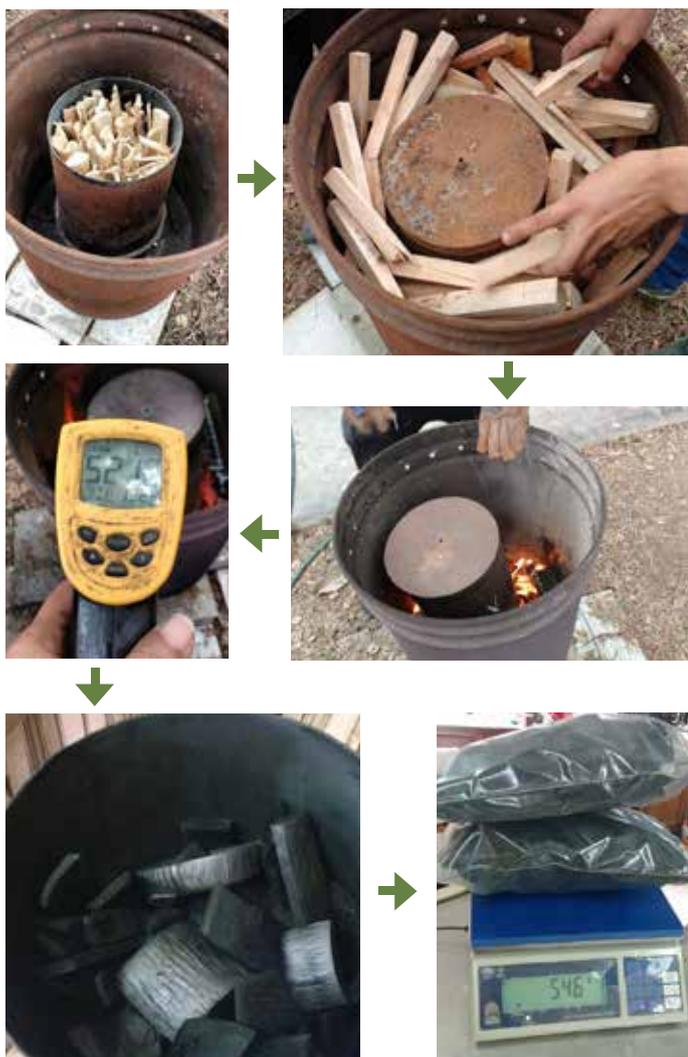
biocarbón o biochar.

Dado que el biochar es una excelente enmienda en la recuperación de suelos ácidos y degradados característicos de los trópicos con poca producción, su uso mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo permitiendo mayor productividad y mejora de la calidad del suelo Escalante *et al.* (2016).

Autores como Mendez *et al.* (2013) y Lehmann *et al.* (2006), indican que las cualidades del biochar para ser aplicados al suelo como almacenamiento de carbono a largo plazo, es su alta estabilidad química y su resistencia a la descomposición biológica, así mismo Méndez *et al.* (2013) indican la capacidad de retención de agua en el suelo y autores como Ayodele *et al.* (2009) proponen que el biochar puede mejorar la infiltración del suelo.

### 1.1. Fuentes del biochar

Dufour (2011) indica que la biomasa de residuos orgánicos es la más abundante y barata que pueden servir como materiales para la producción de biochar. Castañeda (2016) considera que entre las fuentes se sitúan los restos de poda, que ha sido estudiado en



**Figura 2.** Elaboración de biochar de bambú *Guadua angustifolia* Kunth por medio de la pirolisis lenta 1. Fotografías. CIB

los últimos años como materia prima para la fabricación de biocarbones. Escalante *et al.* (2016) indica que entre los materiales más citados en la literatura tenemos los residuos de cosecha, plantas secas, biomasa de árboles, desechos de papel, de arroz; los residuos de aceituna, desperdicios orgánicos de la vida urbana, los investigadores Brick y Wisconsin (2010), reportan materias primas para la conversión en bioenergía o biochar como: cama de aves, algas, cáscara de naranjas, de nueces y residuos sólidos urbanos.

### 1.2. Sistemas de producción

La elaboración del biochar a través del proceso de transformación termoquímico con la tecnología medioambiental denominado pirolisis; Capraro (2012) indica que a diferencia de las técnicas tradicionales de producción de carbón vegetal la emisión de gases contaminantes es muy elevada, en la pirolisis hay una mejor eficiencia energética y reducción de emisiones contaminantes al usar reactores como: las estufas leño-gas (modificadas), hornos a tambor, hornos rotativos, reactores de pirolisis a espiral, reactor de pirolisis rápida, gasificadores y reactores de procesos hidrotermales.

### 2. OBJETIVO

De esta investigación es aprovechar la biomasa residual de la transformación del bambú *Guadua angustifolia* Kunth, para la elaboración de biochar, como se puede observar en la Figura 2.

### 3. HIPÓTESIS

“Los residuos de la elaboración de tablillas de bambú pueden ser reaprovechados en la elaboración de biochar”.

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Acondicionamiento del bambú

Antes de la producción de biochar hay que tener en cuenta el Acondicionamiento del bambú, es necesario que la humedad del material a pirolizar se encuentre en un 10%, por ello se seca la muestra al aire libre, en este caso el residuo de bambú ha presentado 17% de humedad, como se observa en la Figura 3. Por lo tanto, antes de someterse a la pirolisis se debe secar previamente.

El contenido de agua debe ser bajo para poder realizar un encendido rápido y obtener buenos rendimientos de producción de biochar de bambú, así mismo no se genere humos negros por la mala combustión producida.

Escalante *et al.* (2016) indican para que el biochar sea destinado para el uso agrícola es necesario que las temperaturas sean relativamente bajas (inferiores a los 700 °C) lo cual lo hace diferente al carbón activado o al carbón usado como combustible. En este estudio el biochar fue elaborado a temperaturas de 558,3 °C, como máximo (ver Figura 4).



**Figura 3.** Determinación de la humedad del bambú *Guadua angustifolia*.

Fotografía. CIB



**Figura 4.** Determinación de la temperatura en la pirolisis del bambú *Guadua angustifolia* al elaborar biochar.

Fotografía. CIB



**Figura 5.** Determinación de la humedad del biochar muestra del bambú *Guadua angustifolia*.

Fotografía. CIB

Así mismo en la producción de biochar es muy importante realizar la caracterización del biocarbón, considerándose la determinación de los siguientes parámetros: % humedad, ceniza, materia volátil y materia residente o recalcitrante (carbono fijado), el cual no es carbono en su totalidad (McLaughlin *et al.* (2009) (ver Figura 4).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran algunos resultados obtenidos de la caracterización del biochar producido a 558,3 °C en la Facultad de Ingeniería Forestal – UNALM.

**Tabla 1.** Resultados de características del biochar de *Guadua angustifolia* Kunth.

| Rendimiento % | Volátiles | Cenizas | Carbón fijo |
|---------------|-----------|---------|-------------|
| 29            | 11.98     | 8.70    | 74.05       |

Los resultados obtenidos son característicos para altas temperaturas de (550 °C), tal como lo reportan los autores Milesi *et al.* (2016). Confirmándose que la temperatura es un factor importante en las características del biochar y de consecuencia en la estabilidad del biochar. (Demirbas, A. 2004). Lo cual se puede observar en el contenido de carbón fijo (74.05) esto es debido a su alta estabilidad, por consiguiente bajo contenido de material volátil (11,98), siendo esta fase gaseosa obtenida al calentar el biocarbón, cuya proporción es transcendental al aplicar el biocarbón al suelo, ya que existe evidencia que precipita dentro del mismo, proveyéndole al suelo una fuente de carbono soluble que podría causar deficiencia de nutrimentos a corto plazo, ya que estimularía el crecimiento de microorganismos que competirían con la planta por nitrógeno disponible y, además, desaparece generalmente en una estación de crecimiento, sin contribuir a mejorar las propiedades del suelo a largo plazo Mc Laughlin *et al.* (2009), por lo tanto, el contenido de material volátil es usada como medida de la susceptibilidad del biocarbón a degradarse, así mismo Escalante *et al.* (2016) indica que a mayor contenido de material volátil es mayor la repelencia del biocarbón al agua.

Novak *et al.* (2010) indican que el 58% de carbono se

encuentra formando parte de estructuras aromáticas altamente condensadas, presentándose en menor cantidad las formas alifáticas (29%) y carboxílica (13%), lo cual no alteraría la biodisponibilidad de carbono en el suelo.

## 6. CONCLUSIONES

Finalmente concluimos que las características del biochar es dependiente de la temperatura a altas temperaturas se obtendrá bajos rendimientos, pero altos contenidos de carbón que hace que este sea más estable.

## 7. REFERENCIAS

1. Ayodele, A; Oguntunde, P; Joseph, A; Dias Junior, MdS. (2009). Numerical analysis of the impact of characol production on soil hydrological behavior, runoff response and erosion susceptibility. Revista Brasileira Ciencia do Solo. 33, 137-145. Disponible en internet en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832009000100015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000100015)
2. Brick, S; Wisconsin, M. (2010). Biochar: Assessing the promise and risks to guide U.S. policy. NRDC Issue Paper nov. 2010. Natural Resources Defense Council. USA. Consulta: 20 de dic. 2016. Disponible en internet en [http://www.nrdc.org/energy/files/biochar\\_paper.pdf](http://www.nrdc.org/energy/files/biochar_paper.pdf).
3. Castañeda W. (2016). Mejora de la gestión de la fracción vegetal municipal. V CONGRESO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL PERÚ. Logística, reciclaje, reúso, tratamiento y disposición final Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú.
4. Capraro, G. (2012). Il biochar como mezzo per la riduzione delle emissioni di CO2 in atmosfera. Tesi de Laurea in Ingeniería per l'Ambiente e il Territorio. Universidad de Bologna. Italia. 356 p.
5. DECRETO LEGISLATIVO N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Normas Legales. El peruano. Lima, viernes 23 de diciembre de 2016.
6. DECRETO SUPREMO N° 016-2012-AG. Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario.

2012.

7. Demirbas, A. (2004). Bioenergy, global warming, and environmental impacts. *Energysources*, 26(3), 225-236.

8. Dufour, J. (10 de junio de 2011). La pirolisis de biomasa: un clásico revitalizado [Mensaje en un blog. Recuperado de <http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2011/06/10/131236>.

9. Escalante, AM., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., Etchevers, JD. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México. Terra Latinoamericana*, vol. 34, núm. 3, 2016, pp. 367-382. Recuperado de internet: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57346617009.pdf>.

10. Gutiérrez, G., Vera, A., Gonzales, H. (2017). Manejo de residuos de bambú (*Guadua angustifolia*) una alternativa del recurso forestal en el Perú. 1er Congreso Internacional de Residuos Sólidos "Minimización, Valorización y Disposición Final". VI Congreso de Residuos Sólidos en el Perú "Logística, Reciclaje, Reuso, Tratamiento y Disposición Final". Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.

11. International Biochar Initiative. (2014). Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil. Recuperado de [http://www.biochar-international.org/sites/default/files/IBI\\_Biochar\\_Standards\\_V2%200\\_final\\_2014.pdf](http://www.biochar-international.org/sites/default/files/IBI_Biochar_Standards_V2%200_final_2014.pdf).

12. McLaughlin, H., P. S. Anderson, F. E. Shields, and T. B. Reed. (2009). All biochars are not created equal, and how to tell them apart. North American Biochar Conference. Boulder, CO <http://www.biochar-international.org/sites/default/files/AllBiochars--Version2--Oct 2009.pdf>.

13. Mendez, A., Terrillos, M., Gascó, G. (2013). Physicochemical and agronomic properties of biochar from sewage sludge pyrolysed at different temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Vol. 102, 2013, pp. 124-130.

14. Milesi, L., Branco, C., Irizar, A., Andriulo A. (2016). Caracterización de biochar producidos a partir de *Miscanthus x giganteus* y *Aspidosperma quebrachoblanco*. XXX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo "Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo". Rio de Janeiro. Brasil.

15. Novak, J.M; Lima, I; Xing, B; Gaskin, JW; Steiner, C; Das, KC; Watts, DW; Busscher, WJ; Schomberg, H. (2009). Characterization of designer at different temperatures and their effects on a loamy sand. *JM Novavak Annals of Environmental Science*, vol 3, 195-206.

16. Lehmann, J. Gaunt, J., Rondon, M. (2006). Biochar sequestration in terrestrial ecosystems a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 11:403-427.

NOTAS TÉCNICAS

# JÓVENES RURALES TRANSFORMADORES DE LA GUADUA “POR EL CAMPO, LA VIDA Y SU GENTE”

—Autores: Ponzzone Franco, Urabá<sup>1</sup> ; Duque Medina, Camila<sup>2</sup>, Esteban Giraldo Carlos<sup>3</sup>

Institución: Biohabitat Tacuara (ver final de Nota Técnica)

Cargo: Gestor<sup>1</sup>

Correo: **T.** biohabitat.tacuara@gmail.com



Figura 1. Jóvenes rurales tacuarólogos. Fotografía. Biohabitat Tacuara.

## 1. INTRODUCCIÓN

Rodeando ríos y quebradas, la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) enmarca los montañosos y boscosos paisajes del municipio de San Rafael, conocido como “Embrujo de aguas cristalinas”, ubicado entre los 800 y 1900 m s. n. m. en la subregión Oriente del departamento de Antioquia, a 102 km de la ciudad de Medellín, sobre la vertiente oriental de la cordillera central de Colombia (ver Figura 2).



Figura 2. Municipio de San Rafael, ruta de ríos y guaduales. Fotografía. Biohabitat Tacuara.

En este territorio haremos un acercamiento a las etapas de cosecha, post - cosecha y transformación de la guadua, guiados por la experiencia colectiva de un grupo de jóvenes rurales que buscamos resaltar este elemento en su máxima expresión. Conceptos de selección, corte, maduración, inmunizado y uniones nos guían desde una visión campesina, rescatando técnicas ancestrales adaptadas al contexto del mundo actual, ayudando a comprender las ventajas y aspectos a tener en cuenta para la transformación de la declarada “Planta del milenio”.

## 2. PROCESO

Con una humedad relativa del 80%, temperatura promedio de 24 °C y precipitaciones promedio 2 980 mm anuales, San Rafael se convierte en un perfecto entorno para el acelerado crecimiento de la guadua, principalmente sus biotipos Macana y Cebolla. Estas condiciones biofísicas contrastan con la cultura popular Antioqueña, que actualmente valora y explora poco la transformación de este recurso, usándolo sin muchas atenciones, para la protección de las fuentes hídricas, envarar cultivos, andamios, estructuras

provisionales o decorativo paisajístico.

En la vereda el Arenal, la guadua crece con majestuosa firmeza, alcanzando su madurez entre 4 y 5 años, diámetros entre los 5 y 17 cm y alturas de más de 15 m; agrupándose en rodales medianos, establecidos hace décadas, principalmente por el método de chusquines.

A 7 km del casco urbano al final de la carretera de tierra, en la parte media-alta de la cuenca, surgió desde la comunidad la iniciativa de revalorar este material como una oportunidad para el desarrollo de un territorio. Es por esto que hoy hay ejemplos constructivos de viviendas y alojamientos para el turismo y nuestro emprendimiento, que desde la afinidad con la naturaleza y el potencial de gestar nuevas y sólidas alternativas, nos dedicamos al manejo y transformación en construcciones, muebles y artesanías.

Somos “Biohabitat Tacuara”. Nuestra guía es la naturaleza en su grandeza, en su perfección; su influencia en nuestro trabajo es lo más importante. La guadua es un material tan noble y resistente que exige respeto, conocer sus ciclos, escucharla y así comprender cómo transformarla. Esto es lo que nos apasiona.

Es así como siguiendo sus instrucciones, entregadas a nuestros mayores hace milenios, cada mes a las tres de la madrugada con hacha o motosierra en mano, en los tres días centrales del ciclo de la luna menguante, cortamos sobre el primer o segundo nudo emergente del suelo, los culmos maduros previamente seleccionados y marcados con cinta reflectiva. Estos se dejan en el mismo punto de corte, verticales y asegurándose de bloquear por completo su proceso de absorción de nutrientes. En estas condiciones son dejados durante 30 días para permitir que el microclima especial de los guaduales genere el proceso natural de avinagrado, en el cual gran parte de los azúcares atractivos para insectos xilófagos se transformarán en alcoholes. Estos 2 primeros pasos realizados minuciosamente aportan las mayores garantías naturales para la preservación y resistencia del bien llamado “Oro verde”.

Sacar las guaduas del rodal implica un proceso arduo y cuidadoso por el complejo entramado que forman sus copos, necesitando la ayuda de varias manos, lazos, machetes y hachas. Al sacarlas son trozadas a 6 m y transportadas al taller de trabajo en la tradicional Chiva Colombiana (ver Figura 3).

Hacemos un refuerzo de inmunización inyectando sales minerales de Bórax (6%) y Ácido bórico (4%), con una bomba de espalda dosificando 50 CC. por canuto (entrenudo), en perforaciones de 1/8” las cuales se hacen en zig-zag y sellamos con palillos de bambú. Luego seorean a temperatura ambiente durante 20 días y se guardan en marquesinas para completar el proceso de secado. Una guadua desde su fecha de corte tiene un proceso posterior de mínimo 50



**Figura 3.** Transporte de cañas desde el Guadual hasta el taller de trabajo, en la tradicional Chiva Colombiana.

Fotografía. Biohabitat Tacuara.

días para ser usada en construcciones o de 90 días mínimo para muebles y artesanías.

Ahora sí inicia el proceso creativo por el cual el Bambú – Guadua tiene su grandeza. Las opciones son miles. La visión de generar hábitats sostenibles y nuestra creatividad nos han llevado a elaborar desde construcciones de viviendas combinadas con tierra y materiales locales, muebles de uso común como camas, camillas y salas, y artesanías en las que resaltan, bolígrafos y amplificadores de sonido pasivos y electrónicos (ver Figura 4).



**Figura 4.** Bolígrafos y amplificadores de sonido pasivos y electrónicos de bambú elaborados. Fotografía. Biohabitat Tacuara.

El manual para su transformación está escrito en su composición, su forma cilíndrica, la distribución longitudinal e interna de sus fibras, las distancias entre nudos, el espesor de las paredes, el diámetro exterior, sus reacciones con los cambios del clima, sus curvas y su flexibilidad; son sus propias características las que nos dan los puntos claves para diseñar y elaborar. Partiendo de lo anterior, lo primero es seleccionar las piezas según nuestro objetivo: para construcciones utilizamos guaduas Macanas de nudos preferiblemente juntos, paredes gruesas mayores a 1 cm y diámetros generales entre 8 y 12 cm. En muebles se juega pensando en su uso, se pueden aprovechar diámetros desde 5 cm, canutos largos y cortos, paredes desde 0,4 cm (ver Figura 5). En artesanías no tenemos más límites que la dirección de las fibras y, en algunos casos, la distribución de los nudos.



**Figura 5.** Uniones de piezas para la elaboración de muebles de Bambú. Fotografía. Biohabitat Tacuara.

### 3. RECOMENDACIONES

Es necesario comprender la importancia de la presencia de los nudos o bandas nodales y la dirección de las fibras longitudinales. Estas características tienen una estrecha relación para asegurar la resistencia del material, la guadua sin los nudos sería muy débil y demasiado flexible. Es por esto que las uniones en construcciones y muebles deben estar cerca de los nudos. Además, hay que considerar los tipos de uniones y materiales para estas, los pines de la misma guadua reemplazan tornillos de ensamble con muy buen resultado en firmeza y estética.

La disponibilidad de herramientas especializadas para transformar el material es muy escasa, dadas

sus características. Lo más común es la adaptación poco precisa y peligrosa de las herramientas usadas para madera, en algunos casos la importación de herramientas desde el continente asiático o como en nuestro caso, la invención de herramientas a la medida, que facilitan considerablemente la agilidad y perfección del trabajo.

En los acabados buscamos resaltar la elegancia minimalista de la guadua, evitando el uso de elementos externos no naturales que intervienen a nivel visual y ambiental. Para piezas de gran tamaño aplicamos lacas ecológicas translúcidas que protegen y resaltan las vetas naturales, y en artesanías la secuencia de lijas desde granos gruesos a muy finos y aceites naturales que dan un brillo único.

### 4. CONCLUSIÓN

Los seres humanos tenemos una afinidad interior hacia lo natural, que está despertando gradualmente a nivel global, esto lo vemos reflejado en la aceptación de los elementos que elaboramos, en el deseo de tocar una artesanía y conectar con ella.

Estamos seguros que la guadua o el bambú en el lugar donde se encuentren son una solución integral para las dificultades de muchas comunidades. Desde lo que hacemos hemos encontrado una alternativa social, económica y ambiental que rescata el arraigo por el territorio y el valorarnos como jóvenes rurales, agentes indispensables del cambio que queremos ver en nuestro entorno.

“Biohabitat Tacuara” es un emprendimiento social, ambiental y económico gestado en 2015 por jóvenes Rurales, buscando potenciar y revalorizar la utilización de la guadua, brindando así una experiencia productiva para la formación e investigación en este material, desde su manejo y transformación hasta la creación de productos y servicios que ofrecen soluciones a necesidades locales y proponen alternativas de empleo desde otras perspectivas diferentes al jornaleo, donde se rescata el arraigo territorial y promueve el valorarse como agente de cambio, articulados a las dinámicas nacionales como lo es la “Red Nacional De Jóvenes rurales de Colombia”.

# A Gramínea DOS HUMANOS

—Autor: Guilherme Korte

Instituição: Aprobambu (veja o final da Nota Técnica)

Cargo: Fundador e atual presidente da Associação Brasileira dos rodutores de bambu jornalista e plantador de bambu desde 2009.

Correio: aprobambu@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Márcia dos Santos cria seus sete filhos com bambu. Sua mãe trabalha com bambu há 20 anos. Criou os filhos. Essa gramínea vive no entorno das grandes cidades, na beira de rios, nas barrancas de morro, na margem das estradas. E as populações que vivem no entorno das touceiras e plantações das diversas espécies de bambu usufruem de alguma forma desta matéria prima. As tecnologias ainda são as mais antigas do mundo. Corte com machado, corte com um serrote. Lasca o colmo com facão. Ai então utilizam uma desempenadeira para preparar as peças. São mais de 80 peças, diferentes utensílios domésticos, que sustentam sua família, pagam o leite das crianças.

## 2. PROCESSO E ANÁLISE

Nosso grande obstáculo como produtor será vencer a barreira da tecnologia no campo aos micro e pequenos produtores. Até quando os jovens vão querer carregar nos ombros os colmos da touceira até a estrada, até quando vão querer cortar com o machado ou serrote. A motosserra, um mini feller buncher entre outras tecnologias de menor porte e adaptadas aos bambus vão dar um suporte ao micro, pequeno e médio produtor rural sem precedentes na história de um agronegócio mundial. O bambu está nas encostas das florestas do Kenia, nas planícies da Austrália, no planalto da Carolina do Norte, nos Estados Unidos, nas florestas do Acre, no Brasil e outros 3% das terras do planeta. Seus usos são quase que incontáveis.

No Brasil, as primeiras notas sobre bambu na imprensa vêm de 1876, quando Thomas Routledge anunciou a publicação do livro “Bamboo, considered as a paper making material” e o enviou a todas as gráficas da Inglaterra. A partir de então, a mídia brasileira seguindo a tendência ocidental foi incentivando o uso do bambu para fazer papel. Com apoio do Imperador Dom Pedro II, em 1886, no Rio Grande do Sul iniciou-se a construção de uma fábrica de papel, vindo da Alemanha; a inauguração, dez anos depois, deu-se com os plantios realizados durante a construção da fábrica. A espécie *Bambusa tuldoidea* foi a escolhida, eram produzidas 3 toneladas de papel por dia. Mais de 5 mil hectares foram plantados na época. Hoje restam ainda uns 500 hectares nas cercanias dos eucaliptais, acácias e pinus que abastecem o polo papelero do estado. Os asiáticos trouxeram nas malas a partir de 1812. Os primeiros a chegarem foram os chineses, 400 deles para plantações de chá no Rio de Janeiro, daí vieram os *Phyllostachys bambusoides*, *Dendrocalamus asper* e *Dendrocalamus latiflorus*, os japoneses possivelmente trouxeram os

*Phyllostachys aurea* e *Phyllostachys pubescens*, para alimentação e uso intenso na agricultura e construção, casas, barracões e celeiros eram feitos totalmente em bambu, nos moldes de suas terras natais. Hoje declaradamente são mais de 2 milhões no Brasil. Em 1934 o governo do Estado de São Paulo, publicou uma lista de espécies propícias a fabricação do papel. Sendo elas *Bambusa arundinaria*, *Bambusa polymorpha*, *Bambusa tulda*, *Cephalostachium pergracile*, *Melocana bambusoides*, *Bambusa vulgaris* e *Bambusa quadrangularis*. Provavelmente a nomenclatura destas espécies sofreu alguma evolução. Os dados vinham do pesquisador W. Raitt, no livro “The digestion of grass and bamboo for paper-making”, afirmando ainda que a produtividade de celulose num hectare de bambu variava de 3,5 t a 8,75 t/ano, dependendo da espécie.

Seguindo adiante, o Brasil iniciou grandes plantios na década de 60 e 70, sempre focando na produção do papel para a indústria gráfica e embalagens. Algumas indústrias investiram na planta. Plantios de até 40 mil hectares foram realizados e ainda hoje abastecem fábricas de papel e a indústria consumidora de vapor e energia. No Maranhão hoje, 500 hectares produzem 10.000 toneladas de biomassa seca para a indústria gesseira, cervejeiras, secadoras de grãos, cerâmicas, etc. Os usos e costumes indígenas e afrodescendentes brasileiros possuem diversos usos com as mais de 260 espécies nativas. O Bambu tem uma notoriedade mundial. Quando os portugueses e espanhóis navegaram pelo mundo, talvez chineses também andaram por aqui antes deles, já haviam disseminado os usos do bambu. Imaginem que para carregar as mercadorias, ouro, pedras preciosas, frutas, e outras cargas, precisavam carregar e transportar nas costas e em cestas. E as cestas eram feitas de bambu e rattan.

Em todas os portos do mundo, na época o serviço era o mesmo. Vemos nas gravuras e ilustrações da Índia ao Caribe, do Canadá a Madagascar. Do Japão ao Brasil, do Srilanka a Lisboa. De Shanghai a Goa ou Moçambique a Cartagena. Lima a Hong Kong. Essa tecnologia vinda e partindo de alguma tribo dentro de um bambuzal no litoral ou margem de rio navegável em algum lugar do mundo, acabou trocando informações e os bambuzeiros certamente estavam entre as tripulações dos navios mercantes. Relatos de velas feitas com bambu trançado, armações de navios, cordas e retrancas, muitas peças de reposição foram em bambu. Talvez explica-se hoje a distribuição

maciça de algumas espécies nos litorais do mundo inteiro, como o *Bambusa vulgaris vittata*. Voltando ao nosso produtor rural brasileiro, herdou de seus pais e avós grandes touceiras de bambu, que outrora as usavam para construções rurais, fazerem cercas vivas entre divisas e pastagens. Hoje esse produtor não sabe como explorar essa touceira. Vê na internet milhões de sites, com os mais diversos usos. Faz um curso de construção na região. Na viagem de volta a casa, já vem bolando a construção de um quarto todo em bambu, de uma garagem, de um galpão. Mas no primeiro contato físico depara-se com a dificuldade de corte, transporte, tratamento e manejo. E muitos desistem. Por isso nossa busca atual além

de viabilizar crédito agrícola para o plantio de bambu e manejo das touceiras existentes nas instituições bancárias públicas e privadas, é o desenvolvimento e adaptação de máquinas e equipamentos de outras culturas agrícolas ou florestais para o bambu.

### 3. CONCLUSÃO

A troca de informações entre as associações nacionais, regionais, bambuzeiros de diversas regiões do mundo. Elas são complementares e todas são importantes. Fundamentais para firmar o bambu como uma cultura agrícola sustentável, do micro ao grande produtor rural. Vejam algumas máquinas da Finlândia utilizadas no Laos e Camboja.

# LA CADENA PRODUCTIVA DE LA GUADUA EN COLOMBIA: ANÁLISIS PARTICIPATIVO EN RIONEGRO, CUNDINAMARCA

— Autores: Nieto Castillo, César Andrés<sup>1</sup> ; Herrera Silva, Lizeth Angélica<sup>2</sup>

Institución: Parque Científico de Innovación Social – Uniminuto (ver final de Nota Técnica)

Cargo: Magister en Gerencial Social<sup>1</sup> ; Analista de proyectos<sup>2</sup>

Correos: **1.** cnieto@uniminuto.edu **2.** lizeth.herrera@uniminuto.edu



**Figura 1.** Equipo de trabajo del Parque Científico de Innovación Social. Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO  
Fotografía. Pcis – Uniminuto

## 1. INTRODUCCIÓN

La cadena productiva es considerada desde la planeación estratégica como “el conjunto de firmas integradas alrededor de la producción de un bien o servicio y que van desde los productores de materias primas hasta el consumidor final. Por ende, para hablar de cadena productiva es necesario aclarar la diferencia entre cadena productiva y cadena de valor, siendo la primera, aquella en la que se ve las interacciones externas que tiene cada eslabón con los demás actores, proveedores, distribuidores, clientes, mientras que las cadenas de valor tiene que ver directamente con la operación interna y la forma en que se da valor al producto mediante el proceso, sin embargo, cada una influye positiva y/o negativamente en la competitividad de las industrias por lo que es necesario fortalecerlas desde sus características particulares.

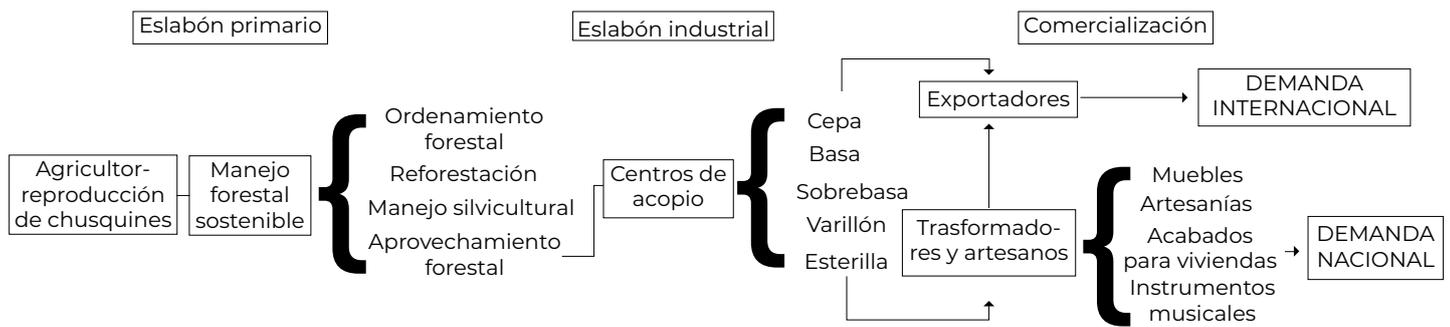
## 2. PROCESOS Y RESULTADOS

### 2.1. La cadena reproductiva de Guadua en Colombia.

A nivel mundial el Bambú es reconocido por sus

propiedades ambientales, su rápido crecimiento y su capacidad de auto sostenimiento. En Colombia, existen 18 géneros, 105 especies y cinco variedades organizadas en 24 especies endémicas, 69 bambúes leñosos y 36 bambúes herbáceos lo que ha posicionado al país como el segundo en diversidad de Bambúes de América Latina después de Brasil (Londoño, 2011).

En Colombia la *Guadua Angustifolia* Kunth es la de mayor reconocimiento y uso en los territorios, el país es pionero en la generación de conocimiento entorno a esta especie lo que ha permitido generar estrategias de fortalecimiento de la cadena productiva de la guadua, principalmente en los departamentos como Quindío, Huila, Cauca, Santander y Tolima, donde se le ha dado uso para la construcción de viviendas aprovechando sus beneficios sismo- resistentes. Esto se ha desarrollado por medio de la conformación de núcleos forestales para el aprovechamiento y la consolidación de empresas regionales enfocadas hacia la comercialización de guadua como insumo para la



**Figura 2.** Identificación de los eslabones para la cadena productiva en Colombia.

Fuente. Cadena de valor de la guadua en Colombia. Tomado del Observatorio de Agrocadenas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural en el 2005.

construcción, la elaboración de artesanías y el embellecimiento del paisaje cafetero. El aprovechamiento de la guadua en el eje cafetero, se ha convertido en una oportunidad de generación de ingresos para las comunidades quienes han conformado empresas y organizaciones como la Sociedad Colombiana del Bambú promotora del aprovechamiento sostenible de la guadua en el país.

Existen otras regiones del país que cuentan con este recurso de forma natural, este es el caso del departamento de Cundinamarca específicamente en la Provincia de Rionegro, sin embargo, sus comunidades han visto la guadua como maleza, prefiriendo cortarlo y destinar sus predios para otras actividades productivas como la ganadería extensiva.

En Colombia, la cadena productiva de la guadua está constituida por cuatro eslabones que dan lugar a la silvicultura, el aprovechamiento, la transformación y el procesamiento y mercadeo o comercialización (ver Figura 2).

De esta forma, se organiza la cadena en primera instancia por los productores, viveristas, dueños de fincas y administradores pertenecientes al eslabón silvicultural, luego están aquellos que realizan el aprovechamiento; corteros y transportadores, enseguida por quienes realizan actividades de industrialización o manufactura y finalmente por quienes comercializan la guadua como materia prima o productos elaborados. De igual forma, en la cadena intervienen actores institucionales como las Universidades, Corporaciones Autónomas Regionales, Ministerios y demás instituciones de apoyo.

**2.2. Estado actual de los eslabones de cadena productiva**

La cadena productiva de la guadua en la Provincia de Rionegro tiene unas condiciones particulares. En el eslabón silvicultural se encuentran quienes son propietarios, arrendatarios o administradores del predio, quienes reconocen el uso que dieron las generaciones pasadas a la guadua en construcción, pero por el poco relevo generacional existente y la falta de mercado, han llevado a que decidan cortar sus guaduales para reemplazarlos por otras actividades, que generan impactos ambientales negativos. El

eslabón de aprovechamiento, no evidencia actividad frecuente debido a dos externalidades, la primera, las pésimas condiciones de las vías de acceso a las fincas con guaduales y la segunda, el desconocimiento por parte de la comunidad del proceso adecuado (corte, inmunizado, almacenamiento, permisos de aprovechamiento) para realizar un aprovechamiento sostenible (ver Figura 3).

El eslabón de transformación y procesamiento, se ha desarrollado gracias a la experiencia que durante más de una década ha generado la zona cafetera por lo que algunos interesados, han realizado construcciones comunitarias y los actores institucionales han realizado procesos de formación entorno al uso de la guadua local para construcción y elaboración de artesanías. Sin embargo, este rol es estacionario en la zona, pues en términos comerciales la guadua es vendida en culmos sin ningún proceso industrial.

Finalmente, en el eslabón de mercadeo y comercialización, como se mencionó antes, la venta de la guadua se ha realizado principalmente como materia prima en expendios de madera y no se evidencian estrategias de mercadeo implementadas para incentivar el comercio de productos con guadua.

El trabajo comunitario realizado durante más de dos años por los profesionales del Parque Científico de Innovación Social en la provincia de Rionegro, ha generado un nuevo reto de innovación social que responde a encontrar la mejor estrategia para que las comunidades víctimas del conflicto armado que durante años han tenido que vivir la violencia por grupos paramilitares en la zona, puedan aprovechar sus recursos de manera sostenible y regresen a sus territorios a generar oportunidades para sus nuevas generaciones. Se presenta una oportunidad importante en la que la guadua juega un papel fundamental en la regeneración de identidad ambiental y cultural, así también la generación de nuevas iniciativas de negocios verdes en función de aumentar la competitividad y la productividad de la región.

En los últimos 5 años, gracias a las acciones del gobierno encaminadas a lograr el fin del conflicto armado interno, los 5.3 millones de desplazados en Colombia según cifras de la Organismo de las Naciones Uni-



**Figura 3.** Deterioro de Guadales debido al poco manejo silvicultural y el desconocimiento de sus propiedades ambientales en el Departamento de Cundinamarca. Fotografía. Pcis – Uniminuto.

das (ONU) han retornado a sus tierras en busca de nuevas oportunidades, con muchos beneficios del gobierno nacional, pero otros que deberán afrontar ellos mismos a partir de nuevos procesos que deben surgir desde la comunidad.

### 3. CONCLUSIÓN

De esta manera, se presentan retos similares en diferentes lugares de los países en vía de desarrollo, desde la migración de los jóvenes rurales a las grandes ciudades en búsqueda de oportunidades que pueden generar en sus comunidades hasta la situación que viven las mujeres rurales cabezas de hogar y

que su trabajo no se visibiliza porque se mide en la capacidad de fuerza de trabajo y en ingresos económicos dando más relevancia al trabajo que realiza el hombre. Así las cosas, todo parece indicar que las nuevas soluciones a estos retos en Colombia, se encuentran concentradas en crear tecnologías sociales definidas como soluciones innovadoras, sostenibles, replicables y completamente participativas donde la comunidad misma comparte sus conocimientos tradicionales, tácitos, empíricos y culturales de su propia realidad, junto con los conocimientos científicos de la academia y los investigadores, siendo la guadua uno de los principales recursos que puede contribuir al cumplimiento de tales retos.

Parque Científico de Innovación Social. La Corporación universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, consciente de la necesidad de generar propuestas innovadoras a las problemáticas sociales, ha propuesto implementar un Parque Científico de Innovación Social (PCIS), que recoja la experiencia de trabajo de sus investigadores, estudiantes y las demás empresas de la OMD (Organización Minuto de Dios). En este sentido el PCIS es una plataforma de servicios que integra actores y recursos de otras instituciones, para desarrollar proyectos de Innovación Social que busquen solucionar las problemáticas sociales de las comunidades en el país. Las áreas operativas que conforman el Parque y que están orientadas a prestar servicios que generan valor a cada una, son: Observatorio, Red de conocimiento, Plataforma de apoyo a la investigación, Apropiación Social del Conocimiento, Plataforma de proyectos y Emprendimiento, Unidad de Negocios Verdes.

# MODELO DE EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA QUE PONE EN VALOR LA BIODIVERSIDAD PERUANA - JANKO ECO BICICLETAS DE BAMBÚ

— Autor: Janko eco bicicletas (ver final de Nota Técnica)

Correo: contacto@jankoeobicicis.com



**Figura 1.** INNOVACIÓN Y PERSONALIZACIÓN. Las soldaduras en frío son un desarrollo original de la empresa, cada bicicleta es personalizada con grabado láser de marcas o lemas. Fotografía. Janko

## 1. INTRODUCCIÓN

Los bambúes han representado desde tiempos ancestrales importantes recursos naturales en los entornos rurales como fuente de material constructivo, protección, alimento y fuente de ingresos, además de tener presencia en expresiones culturales y religiosas alrededor del mundo. Sin embargo, los bambúes y sus productos, a pesar de su versatilidad, han tenido problemas en el ingreso al mercado urbano, ya sea como material de construcción, materia prima para muebles, utilitarios, entre otros. El bambú enfrenta prejuicios por parte de la población y marcos regulatorios enfocados en los recursos forestales tradicionales. En ese sentido, la innovación tecnológica ha jugado un papel importante en los últimos 20 años para ampliar las fronteras del sector productivo y comercial, a través del desarrollo de nuevos productos, procesos y usos que ponen en valor el recurso bambú con ayuda de la Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI).

En un contexto en donde el cambio climático y la intención de reducir el impacto de la actividad humana se vuelve cada vez más imperante, el bambú brinda una gran posibilidad de hacer productos más sostenibles. Sus beneficios al medio ambiente y a la economía familiar pueden encontrarse a lo

largo de toda la cadena productiva, impulsada por un mercado cada vez más conocedor y sensible a la problemática ambiental. En ese sentido, durante los últimos años el recurso bambú ha despertado el interés de los sectores público y privado en el Perú, en donde el material aún tiene como tarea pendiente integrarse al mercado nacional. Este reto se ha ido enfrentando a través de proyectos edificatorios que revaloran los sistemas constructivos tradicionales, el uso y adaptación de tecnologías constructivas, el desarrollo de nuevos modelos de vivienda adaptados a las necesidades de las familias peruanas y artesanías principalmente. Sin embargo, el reto de transformar nuestra gran biodiversidad de especies y añadirle valor con ayuda de la CTI aún no ha sido aprovechado por la industria peruana.

Esta es una oportunidad que los emprendedores de base tecnológica pueden tomar y transformar el recurso bambú en nuevos productos que satisfagan las necesidades de viejas industrias como la del transporte.

## 2. PROCESOS

El uso de bicicletas para el transporte diario o recreativo, es un fenómeno que a nivel mundial ha tomado

fuerza, y en el Perú diversos colectivos y organizaciones promueven su uso. En paralelo, la búsqueda de estilos de vida más sanos y la promoción del ejercicio físico amplían el potencial del mercado de las bicicletas en el Perú y en mundo.

Nuestro emprendimiento nace como una respuesta tecnológica desde los laboratorios de investigación hacia el creciente mercado de bicicletas para uso urbano, diseñando y fabricando cuadros de bicicletas con bambú peruano que benefician a toda la cadena productiva.

### 2.1. Innovación tecnológica

El uso intensivo de la tecnología en cada proceso hace que este emprendimiento se diferencia de otro. La empresa es, en lo que la literatura científica de gestión de CTI se conoce con el término de emprendimiento de base tecnológica, EBT o STARTUP.

### 2.2. Sostenibilidad

Estableciendo alianzas estratégicas con comunidades rurales a las cuales se brindará asistencia técnica y serán las encargadas de suplir de materia prima manejada de manera sostenible. En el corto plazo, se capacitará a las comunidades en mejorar sus capacidades de manejo forestal, formalización de plantaciones y la elaboración de planes de manejo forestal para el aprovechamiento a mediano y largo plazo de los bosques de bambú.

Se busca asegurar la sostenibilidad del manejo al tomar el conocimiento ancestral y las prácticas locales y combinarlas con criterios de manejo comunitario de bosques y técnicas para incrementar el rendimiento de los bosques de bambú. A mediano plazo, se establecerá distintas líneas de productos de bambú, con el fin de lograr un aprovechamiento integral del recurso y reducir el volumen de cañas de bambú no utilizadas.

### 2.3. Responsabilidad social

A través de un programa de responsabilidad social empresarial a través del cual se busca ayudar a generar cambios en la cadena de producción y consumo de bambú en el Perú y a cambiar el enfoque de la relación entre los productores y el mercado. En el mercado actual, los productores de bambú no tienen incentivos económicos para invertir tiempo e insumos en mejorar la calidad del bambú que producen.

Debido a ello, la percepción de los ingresos se basa en el volumen, que es una de las principales causas de la sobreexplotación de los bosques de bambú y la comercialización de cañas verdes. Nuestro objetivo es establecer relaciones comerciales de largo plazo con las comunidades y reconocerá, a través de un

precio preferencial, las mejores prácticas.

## 3. CONCLUSIONES

Nuestro emprendimiento busca ser una opción para reducir la huella de carbono del transporte tradicional, así como de crear un producto innovador que apueste por la biodiversidad peruana. Actualmente se ha desarrollado 3 modelos de bicicletas: MTB con amortiguadores, FIXIE Single Speed y de Ruta. Continuamos con la investigación y se encuentra en el proceso de diseño y fabricación del modelo de paseo y pruebas de la primera bicicleta eléctrica de bambú que serán producto de ingeniería 100% peruana.

La empresa JANKO está conformada por investigadores del sector forestal, medio ambiente, gestión de CTI y de la industria del diseño y construcción. La ingeniería de los productos se desarrolla con el apoyo de los laboratorios de la Universidad de San Martín de Porres (USMP). Los cuales son: i) El Instituto de Vivienda Urbanismo y Construcción (IVUC), el cual provee los conocimientos y la experiencia del manejo, cálculo y diseño estructural con bambú de diferentes especies, ii) El laboratorio de Software y Tecnologías Interactivas (LABSTI) el cual provee recursos tecnológicos para marketing inteligente y iii) El FAB LAB USMP, el cual permite la personalización de cada bicicleta.

Los resultados de las investigaciones se publican en artículos profesionales, artículos científicos y conferencias, como es el caso del FAB 14 en Francia, el cual tiene como temática principal el de fabricar resiliencia.

JANKO tiene una estrategia integral de propiedad intelectual, entre la que destaca la solicitud de patente ante INDECOPI de su diseño original de uniones fijadas de soldadura en frío. Cuenta con el apoyo y respaldo de la incubadora de negocios de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (BIOINCUBA). La empresa cuenta con capital semilla del Estado Peruano a través del programa de STARTUP PERÚ, el cual en diciembre del 2017 reconoció el emprendimiento en el concurso de emprendedores innovadores del RETO BIO, el cual tenía como objetivo cofinanciar proyectos que pusieran en valor la biodiversidad peruana con ayuda de la tecnología. Forma nuevos recursos humanos para actividades de ciencia tecnología e innovación a través de su programa de mentores para tesis de grado, trabajos universitarios y asesoría en la elaboración de nuevos modelos de negocio.

Actualmente se encuentra formando nuevas alianzas con otros centros de investigación para realizar la transferencia tecnológica de sus resultados, así como para formular y postular nuevos proyectos a instrumentos financieros.

JANKO es un emprendimiento privado de base tecnológica o STARTUP co-financiado por el RETO BIO del programa INNOVATE PERÚ, el cual diseña, fabrica y comercializa bicicletas de bambú con un fuerte compromiso social, medio ambiental y contribuye al desarrollo de la cadena productiva del bambú peruano. El equipo de JANKO está constituido por jóvenes investigadores multidisciplinarios. Los desarrollos tecnológicos de la empresa son realizados con el apoyo de los laboratorios de investigación de la Universidad de San Martín de Porres.

## EQUIPO DEL CÍRCULO DE INVESTIGACIÓN DEL BAMBÚ - CIB

### Coordinador general:

Ing. Héctor Enrique Gonzales Mora, Ph. D.

### Investigador principal:

Ing. Gilberto Domínguez Torrejón, Ph.D.

### Coinvestigadores:

Ing. Dennis Del Castillo Torres, Ph.D.

Ing. Aldo J. Cárdenas Oscanoa Mg. Sc.

### Coordinadores administrativos:

Ing. Isabel Saldaña Zavala

Bach. Iván Erickson Quispe Tineo

### Investigadores:

|   |             |
|---|-------------|
| Ing. For. Maricel Mostiga Rodríguez ..... | UNALM       |
| Eco. Mídalí Fuentes Peña .....            | UNALM       |
| Ing. For. Gisella Gutiérrez Tejada .....  | SPB         |
| Arq. Flor Morocho Galarza .....           | SPB         |
| Ing. For. Juan C. Aguilar Ruiz .....      | CIDEF       |
| Ing. Héctor Guerra Arévalo Mg. Sc. ....   | IIAP        |
| Ing. Ximena Tagle Casapía Mg. Sc. ....    | IIAP        |
| Ing. Segundo M. Oliva Cruz Mg. Sc. ....   | UTRM        |
| Ing. For. Francisco Castaño Nieto .....   | FUNDAGUADUA |

### Tesistas:

|   |       |
|---|-------|
| Quim. Mary Flor Césare Coral .....        | UNALM |
| Arq. Liz López De la Torre .....          | URP   |
| Ing. For. Jorge Catpo Chuchón .....       | UNALM |
| Ing. For. Andrea Arancibia Alfaro .....   | UNALM |
| Ing. For. Estefanía Casanova Alvino ..... | UNALM |
| Ing. For. Kris Ortíz Pacheco .....        | UNALM |
| Ing. For. María Rubio Alvarez .....       | UNALM |
| Bach. Shyrle Pacush Gómez .....           | UNALM |
| Bach. Angela Molina Lovatón .....         | UNALM |
| Bach. Gabriela Casimiro Canales .....     | UNALM |
| Bach. Gabriela Mucha Aviles .....         | UNALM |
| Bach. Lilia Quispe López .....            | UNALM |
| Bach. Bruno Cano Rodríguez .....          | UNALM |
| Bach. Paolo Zamora Bringas .....          | UNALM |
| Bach. Gémalí Huayta Santillán .....       | UNALM |
| Bach. Felipe Palma Palomino .....         | UNALM |
| Bach. Sandy Linares Zuta .....            | UNALM |
| Bach. Esthell Ramírez Perez .....         | UNALM |
| Bach. Angela Molina Lovatón .....         | UNALM |
| Estudiante Keytin Colunche Puerta .....   | USIL  |

### Acrónimos:

|   |       |
|---|-------|
| Universidad Nacional Agraria La Molina .....              | UNALM |
| Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza, Amazonas .....  | UTRM  |
| Universidad Ricardo Palma .....                           | URP   |
| Universidad San Ignacio de Loyola .....                   | USIL  |
| Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana ..... | IIAP  |
| Sociedad Peruana del Bambú .....                          | SPB   |
| Centro de Investigación y Desarrollo Forestal .....       | CIDEF |



PERÚ

Ministerio de Educación



CIENCIAACTIVA

Blanca y Co-Financiamiento de Concytec

