

Transformación sostenible de la guadua en Cundinamarca: *laminados, biochar y carbón activado*

Autores:

John Andersson Melo Jaimes
Diber Jeannette Pita Castañeda



PCIS
PARQUE CIENTÍFICO DE
INNOVACIÓN SOCIAL
Corporación Universitaria Minuto de Dios



CTel para la Guadua en
Cundinamarca



NICOLÁS GARCÍA BUSTOS / Gobernador



Gobernador Cundinamarca

Nicolás García Bustos

Secretaria De Ctei De Cundinamarca

Nelly Yolanda Russi Quiroga

Supervisión Convenio Sctei-CD-078-2021

Nelson Andrés Sánchez Guerrero



Presidente del Consejo de Fundadores

P. Diego Jaramillo Cuartas, cjm

Rector General Corporación Universitaria

Minuto de Dios - UNIMINUTO

P. Harold Castilla Devoz, cjm

Vicerrectora General Académica

Sthepanie Lavaux

Rector Parque Científico de Innovación Social -PCIS

Juan Fernando Pacheco Duarte

**Director Investigaciones Parque Científico de
Innovación Social - PCIS**

Tomás Durán Becerra

Directora de Innovación Social

Libia Argenis Becerra

Subdirectora Centro Editorial - PCIS

Rocío del Pilar Montoya Chacón

Directora Instituto INNOVAREGIÓN - PCIS

Clara Andrea Montenegro Barragán

Coordinadora de Proyecto INNOVAREGIÓN - PCIS

Lizeth Angélica Herrera Silva

Autores

John Andersson Melo Jaimes
Diber Jeanette Pita Castañeda

Corrección de estilo

Miguel Fernando Niño Roa

Diseño y Diagramación

Ricardo Molina Sánchez

ISBN digital: 978-958-763-683-3

ISBN impreso: 978-958-763-682-6

DOI: <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-683-3>

Impresión:

Primera edición impresa en septiembre de 2023

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Calle 81 B # 72 B - 70 Bogotá D.C. - Colombia Agosto 2023

Melo Jaimes, John Andersson

Transformación sostenible de la guadua en Cundinamarca : laminados, biochar y carbón activado / John Andersson Melo Jaimes, Diber Jeanette Pita Castañeda. Bogotá: Gobernación de Cundinamarca, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2023.

91 páginas, ilustraciones, fotografías, figuras.

Incluye referencias bibliográficas páginas 71-78

ISBN: 978-958-763-683-3 (digital)

1. Procesos de manufactura -- Estudio de casos -- Cundinamarca 2. Guadua -- Aplicaciones industriales -- Cundinamarca 3. Guadua -- Industria -- Cundinamarca 4. Proceso de revestimiento -- Enseñanza -- Cundinamarca 5. Carbon Activado -- Diseño -- Cundinamarca 6. Desarrollo económico y social -- Cundinamarca 7. Bambú -- Producción -- Cundinamarca i. Pita Castañeda, Diber Jeanette (autor).

CDD: 679.6 M35t BRGH
105585

Registro Catálogo Uniminuto No.

Archivo descargable en MARC a través del link: <https://tinyurl.com/bib105585>

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

Tabla de contenido

Agradecimientos	9
Autores	10
Introducción	11
Elaboración de laminado con guadua	13
Paso 1: seleccionar el material	15
Paso 2: realizar la limpieza del material	17
Paso 3: realizar corte plano	18
Paso 4: corte de nudo y tramos que obstruyen la guadua	19
Paso 5: verificación del diámetro del culmo de guadua	19
Paso 6: latillado de guadua	21
Paso 7: cepillado para generar listones de guadua	22
Paso 8: eliminación de sobrantes y alineación para formar el rectángulo correcto	23
Paso 9: aplicación de inmunizante	24

Paso 10: aplicación de pegante o resina	25
Paso 10.1: resina	26
Paso 10.2: pegante	28
Paso 11: lijado de capa de laminado	29
Paso 11.1: resina	30
Paso 11.2: pegante	31
Paso 12: prensado de las láminas	32
Paso 12.1: pegante	33
Paso 12.2: resina	33
Paso 13: secado de los laminados	33
Paso 14: pre acabado (aplicación de tintilla con trapo o aplicación de sellador)	34
Paso 14.1: sellador	35
Paso 14.2: tintilla	35
Paso 15: ajuste	36
Paso 15.1: corte	36
Paso 15.2: lijado	37
Paso 16: aplicación de acabado final	38
Elaboración de biochar y carbón activado con residuos de guadua	43

Elaboración de biochar de bambú – guadua	43
Colecta de material como insumo en el proceso de carbonización	44
Pasos en la preparación de biochar	44
Paso 1: corte de las cañas sometidas al trabajo experimental en máquina cortadora	44
Paso 2: secado previo del material en gabinete de secado	46
Paso 3: trituración del material	47
Paso 4: molienda del materia	48
Paso 5: carbonización del material para biochar	49
Evaluación del rendimiento y propiedades químicas del biochar	50
Usos del biochar	53
Importancia del carbón biochar en la agricultura	53
Procedimiento]	54
Paso 1: preparar la solución madre de biochar	54
Paso 2: preparación de las soluciones	55
Paso 3: preparación de medios de propagación de semillas	57
Elaboración de carbón activado con residuos de bambú – guadua	61
Activación del carbón con cloruro de calcio CaCl_2	62
Activación del carbón a partir de la impregnación con ácido fosfórico H_3PO_4	63

Preparación del carbón activado utilizando ácidos naturales como el limón	68
Caracterización del material para activar	77
Usos del carbón activado	71
Reflexiones y conclusiones	82
Lista de figuras	84
Lista de tablas	86
Referencias	87

Agradecimientos

Esta obra es el resultado del trabajo de intercambio de conocimientos realizado por expertos en la elaboración de laminados y carbón activado, y las comunidades participantes del proyecto CTel para la guadua en Cundinamarca.

Agradecemos a la Gobernación de Cundinamarca, en cabeza del Gobernador Nicolás García y su secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación, Nelly Yolanda Russi, por apostarle a que las comunidades rurales apropien tecnologías para dar valor agregado a los productos a la Universidad Nacional Agraria La Molina de Perú, por disponer de su talento investigador y su compromiso para que los actores de la guadua de Cundinamarca conocieran cómo puede ser transformada en diversos productos; y al Instituto InnoVaRegión del Parque Científico de Innovación Social (PCIS) de UNIMINUTO, por su compromiso para liderar este proyecto, y a su equipo de profesionales por la pasión que entregaron en las actividades con la comunidad.

Finalmente, enviamos un agradecimiento especial a las diferentes instituciones de orden nacional, regional y local; al Centro de Investigación del Bambú Guadua (CNEBG) de la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), y a los empresarios de la Federación Nacional de Empresarios de Guadua y Bambú, quienes aportaron su conocimiento y experiencia en el mercado de los productos que se presentan en esta publicación; a las entidades dinamizadoras de la guadua en Cundinamarca, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y la Federación Nacional de Bambú y Guadua (Fedebambug) por acompañar este proceso; y a los productores, transformadores, comerciantes e interesados en promover el aprovechamiento sostenible de esa planta por toda la disposición y compromiso para compartir y aprender nuevo conocimiento.

Lizeth Angélica Herrera Silva

Coordinadora de proyecto

Autores

John Andersson Melo Jaimes

Ingeniero Civil, Técnico en Construcciones de Estructuras en Guadua; Profesional del Proyecto - Técnico Especializado del Parque Científico de Innovación Social de UNIMINUTO.

john.melo-j@uniminuto.edu.co

CvLac: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002081652

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3730-1224>

Diber Jeannette Pita Castañeda

Coordinadora de proyecto. Bióloga y Química, Especialista en Educación y Gestión Ambiental, y Magister en Educación Ambiental; docente investigadora, con amplia experiencia en procesos de investigación en el campo de la educación ambiental, planes de gestión de residuos sólidos, planes de gestión ambiental empresarial, educación ambiental comunitaria, procesos pedagógicos para la educación y el desarrollo sostenible. Brinda asesoría en proyectos de manejo ambiental, programas ambientales escolares en los ámbitos local y municipal, y en temas de agricultura urbana y biotecnología vegetal.

dpita@uniminuto.edu.co

CvLac: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001372377

ORCID: 0000-0002-7346-1487

Introducción

La guadua es una planta reconocida por sus beneficios ambientales, que por generaciones ha hecho parte de las comunidades rurales. Su aprovechamiento sostenible se ha convertido en un reto, en la medida que quienes cuentan con este material en sus fincas, muchas veces desconocen cómo transformarla en productos con valor agregado, cómo mantenerla y sacar su máximo provecho.

No obstante, el abastecimiento de la guadua como material para la transformación sostenible es el primer paso a la hora de pensar en la elaboración de cualquier producto, y es el tema que más se ha desarrollado en los territorios por sus diferentes actores. El aprovechamiento de los guaduales está regulado por un marco normativo que entrega los lineamientos para aprovechar al máximo sus potencialidades sin afectar la disponibilidad de la guadua a futuro.

Ahora bien, en el aprovechamiento de la guadua, la ciencia, la tecnología y la innovación tienen un papel muy importante, pues permiten que se de valor al producto y que se conozcan sus componentes, características y atributos para hacer un uso sostenible del material. Por esta razón, la presente cartilla aborda contenido referente a los paquetes tecnológicos de: laminados y carbón activado, elaborados a partir de la guadua o bambú, los cuales fueron transferidos en el marco del proyecto CTel para la Guadua en Cundinamarca, a productores, transformadores y comerciantes del departamento, como estrategia para contribuir al desarrollo y aprovechamiento sostenible de esta planta.

La información descrita aquí es el resultado de investigaciones académicas y experiencias prácticas llevadas a cabo en los nodos guadueros de experimentación, los cuales son espacios especializados, donde los actores de la guadua cuentan con la maquinaria e insumos necesarios para experimentar en la elaboración de carbón activado y laminados, así como en el diseño de otros productos derivados.

Además, pretende ser un recurso didáctico en el que los interesados en la planta guadua bambú, puedan aprender a realizar laminados y carbón activado mediante conocimientos, metodologías y la maquinaria descrita y dispuesta en cada nodo de experimentación, mostrando el paso a paso con el apoyo de imágenes gráficas y descriptivas que contribuyen a facilitar su comprensión.

Inicialmente se habla del laminado, el cual será realizado en el material guadua, con dimensiones de 30 x 30 cm y espesor variable, con el fin de ampliar el contexto de la información adquirida para darle la finalidad específica de piso, sin cerrar la puerta a la imaginación de los lectores.

Finalmente, se presenta la metodología para la elaboración de biochar y carbón activado a partir del uso de los residuos obtenidos en la elaboración de laminados. Este proceso se realiza mediante el uso de un horno tipo mufla, el cual puede llegar a activar el material en una temperatura superior a los 799 °C. Además, se presentan dos usos que se le pueden dar al carbón activado en la elaboración de productos principalmente en el sector de cosméticos y salud.

Elaboración de laminado con guadua

La guadua es un material versátil que puede ser usado para la elaboración de laminados. Estos corresponden a un producto obtenido por la unión de láminas de un material que permite tener una tabla de mayor dimensión. Para realizar este laminado, se necesita que el culmo de la guadua se encuentre limpio, y se deben usar Elementos de Protección Individual (EPI) de acuerdo con cada proceso.

Los elementos de protección personal que deben utilizar siempre en el nodo son:

- Cubre bocas o mascarilla.
- Gafas.
- Protector auditivo.
- Zapatos de seguridad industrial.

También hay que recordar que algunos de estos elementos varían de acuerdo con la maquinaria, el material o herramientas que se estén utilizando como:

- Guantes de kevlar anticorte.
- Guantes de nitrilo.
- Guantes de carnaza.
- Guantes de soldador.

Por otro lado, es importante hacer uso de ropa adecuada en el lugar de trabajo, no usar ninguna prenda suelta, con mangas largas o cordones sueltos, así mismo está prohibido el uso de relojes, manillas, pulseras, collares y anillos durante las actividades de experimentación.

La maquinaria que se encuentra en el nodo es:

- Ingleteadora.
- Sierra circular de mesa.
- Sierra circular.
- Cepillo de banco.
- Lijadora orbital.
- Cepillo eléctrico.

- Taladro percutor.
- Compresor.
- Prensa hidráulica de platos calientes.
- Gabinete de secado.

Las herramientas con las que cuenta el nodo son:

- Prensa de mesa.
- Prensa en C de 6 in.
- Prensa sargento de 45 cm.
- Destornillador de pala.
- Destornillador de estrella.
- Bisturí industrial.
- Sierra de calar.
- Segueta.
- Brocha.
- Cinta métrica.
- Lija No. 80, 120 y 180.

Figura 1. Gabinete de secado



Fuente: Melo (2023).

Conociendo los elementos con los que se cuenta en el nodo guadua de experimentación se diseñó el proceso descrito a continuación, que es tan solo uno de los muchos métodos posibles para la realización de laminados con el uso del bambú – guadua.

El método aplicado en el proyecto CTel para la guadua en Cundinamarca, fue utilizado únicamente con guadua madura superior a 4 años y en caso de contener humedades superiores al 30 % fueron expuestas al gabinete de secado, a una temperatura no superior a los 60 grados centígrados durante dos días continuos sin ser abierta la puerta de este gabinete.

Paso 1: seleccionar el material

De acuerdo con la disponibilidad de material en el lugar de trabajo, se debe seleccionar el que se encuentre en una condición seca y madura, tomando como criterio primordial el color que varía de acuerdo con la antigüedad de la guadua escogida, el diámetro que puede depender de la especie, además del tiempo de maduración que tenga. Lo cual normalmente se encontrará a partir de 10 cm de diámetro y el espesor de pared que dependerá de la especie que se utilice, este se encontrará a partir de 1 cm en adelante, esto para que el material que se escoja sea funcional.

“En este proceso se requiere inspección visual, cinta métrica y guantes anticorte”.

Figura 2. Guadua seca y madura



Fuente: Melo (2023).

Paso 2: realizar la limpieza del material

Siempre deben eliminarse las malezas, líquenes, hongos o cuerpos que se encuentren en la capa externa del material, con el fin de evitar la corrosión en la maquinaria que se va a utilizar, también será importante eliminar las ramificaciones con las que cuenta el material si aún no se ha hecho.

“Al momento de eliminar las ramificaciones es indispensable utilizar guantes anticorte, machete, pulidora o motosierra. En el proceso de malezas se deben utilizar guantes de nitrilo, bayetilla”

Figura 3. Manipulación materia prima



Fuente: Melo (2023).

Paso 3: realizar corte plano

Con la sierra ingleteadora se realiza un corte plano de la sección del material a trabajar, en este caso serán tramos de 2 m. Se recomienda trabajar con tramos de 1 m para mejorar la movilidad en el taller.

“Se hará uso de la cintra métrica, lápiz”

Figura 4. Corte materia prima con sierra ingleteadora



Fuente: Arévalo (2023).

Paso 4: corte de nudo y tramos que obstruyen la guadua

Con apoyo del cepillo, el machete o una herramienta especial, se realiza el corte de los nudos, proceso conocido como *denudado* y tramos que puedan generar algunas obstrucciones al deslizar la guadua en el paso No. 6 donde hacen los listones. Se recomienda adelantar este proceso siempre desde la cepa o parte ancha de la planta, hacia la copa o parte más delgada con la que se esté trabajando.

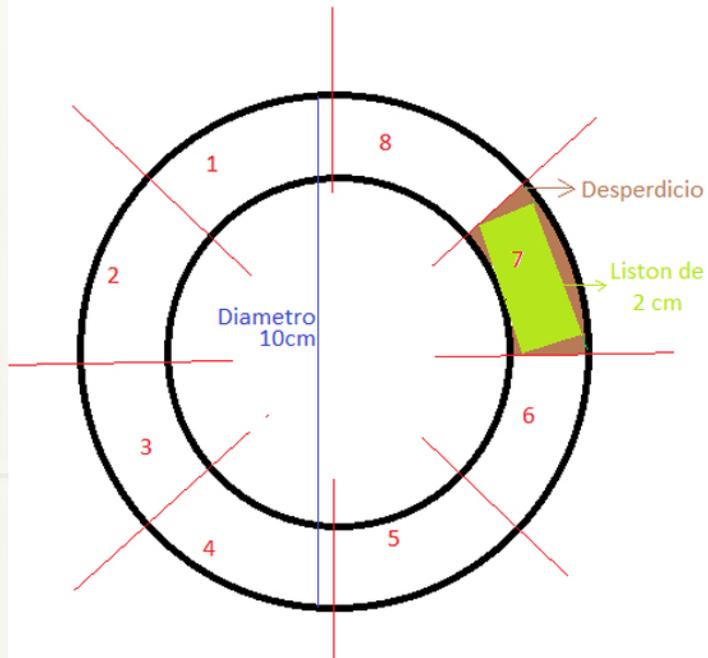
“En caso de realizar el proceso con machete o cepillo manual, se deben utilizar guantes con protección al corte”.

Paso 5: verificación del diámetro del culmo de guadua

En este punto, de acuerdo con la selección del material, se hace la verificación del diámetro. Según este diámetro, se realizarán los cortes que dividirán la guadua en latilla. Para este caso, se recomiendan guaduas con un diámetro de 10 cm, las cuales se dividirán en ocho partes para generar ocho listones de 2 a 3 cm. En caso de tener diámetros diferentes se deberá medir el perímetro externo y dividirlo en la cantidad de partes necesitadas para realizar el corte.

“Cinta métrica, inspección visual y lápiz”.

Figura 5. Inspección y medida de material



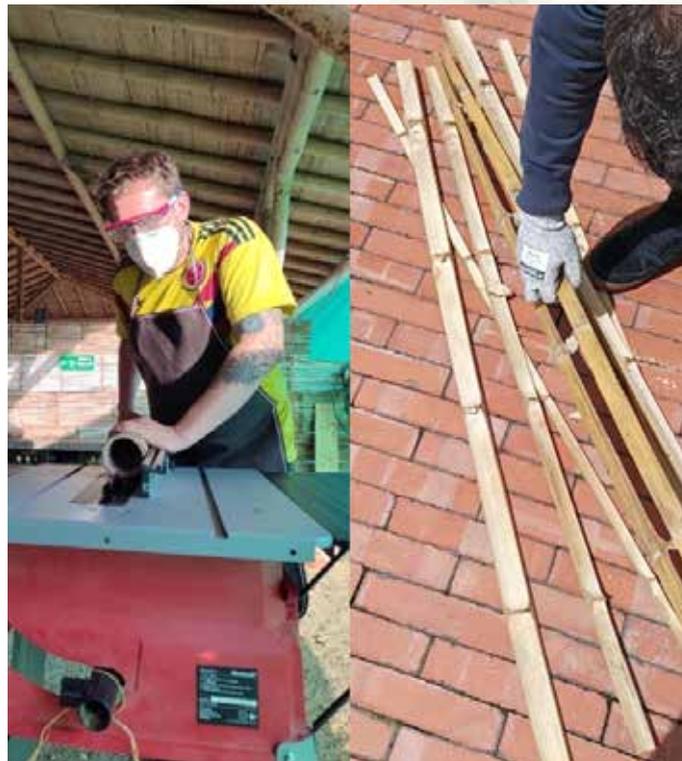
Fuente: Melo (2023).

Paso 6: latillado de guadua

De acuerdo con la demarcación realizada en el paso No. 5, debe ajustarse la guía de la sierra circular de mesa, verificarse todos los tornillos de la máquina y ajustar la cuchilla al doble de la altura de nuestra pared de guadua, es decir desde el perímetro interno al perímetro externo, para una mejor demarcación de nuestro material. Realizar el corte siempre desde la cepa o parte ancha de la guadua, hacia la copa o parte más delgada de la vara correspondiente, que dará como resultado los cortes de la latilla que queremos. Golpearlo contra el piso, darle un golpe o pasar nuestro machete por las ranuras, generará la separación que queda en sus nudos, y finalmente con esto tendremos nuestras latillas individuales.

“Uso de guantes anticorte solamente para separar la vara y conformar las latillas”.

Figura 6. Anticorte separación de vara para conformar latillas



Fuente: Arévalo (2023).

Paso 7: cepillado para generar listones de guadua

La latilla tendrá dos opciones, la primera y más efectiva será realizar una limpieza rápida con el cepillo o peinilla de los nudos que queden aún en la latilla, para posteriormente pasarla por el cepillo de banco hasta conseguir eliminar la curvatura restante de las capas externas e internas.

La segunda opción será pasarla por la sierra circular de manera que eliminemos las curvaturas internas y externas, este paso solamente se recomienda cuando la sierra tenga un accesorio donde la luz entre la cuchilla y el soporte sea la mínima para evitar incidentes.

“El uso de guantes anticorte solamente está permitido ante el uso del machete o el cepillo de banco”.

Figura 7. Limpieza de latillas



Fuente: Arévalo (2023).

Paso 8: eliminación de sobrantes y alineación para formar el rectángulo correcto

En este punto, se utiliza machete, formón, segueta o la sierra de mesa. A este proceso se le conoce como canteado o planear las esquinas, con el objetivo final de que se forme un ángulo de 90° en los listones entre las caras planas generadas en el paso No. 7, como resultado de este proceso obtendremos el listón. En este punto es importante el ajuste de la sierra circular de mesa, por un lado, ajustar la cuchilla a una altura no muy superior al espesor de la latilla, y por el otro lado, ajustar la guía dependiendo la cantidad que se desee retirar de material.

Es importante tener en cuenta que, para realizar este proceso con el uso de formón, segueta o machete, se tomará mayor tiempo, pues debe pasar el filo de la herramienta en repetidas ocasiones hasta formar el ángulo requerido. Dicho ángulo se podrá verificar con una escuadra.

“Inspección visual”.

Figura 8. Canteado latillas



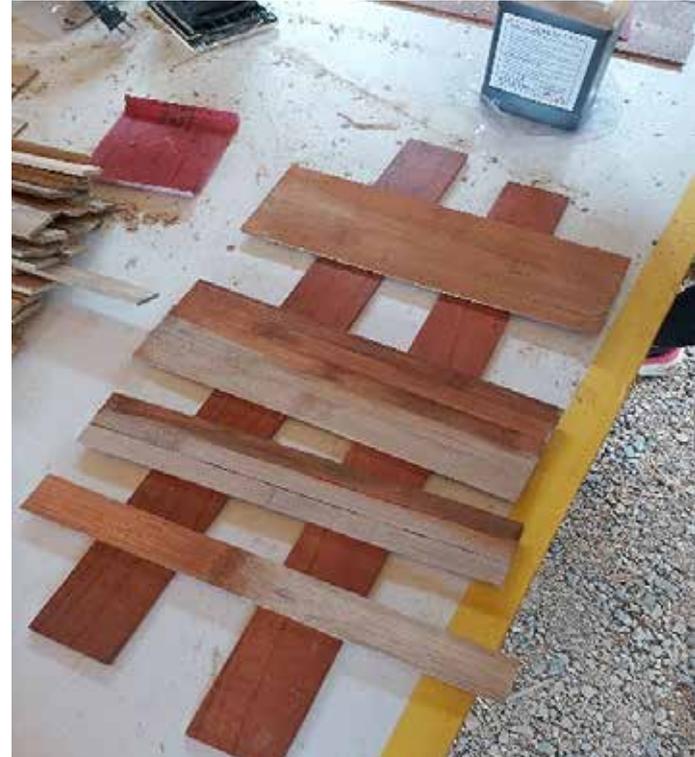
Fuente: García (2023).

Paso 9: aplicación de inmunizante

Luego de obtener el listón, este paso dependerá del uso que se le quiera dar a este material. Es importante recalcar que se aplica el inmunizante para llenar los poros internos de la guadua. Entonces se podrá utilizar inmunizantes naturales como el aceite de teca o el aceite de linaza para productos que tendrán uso en la cocina, pues este aceite permite darle una múltiple función al laminado resultante, de lo contrario podrían utilizarse tintes o aceites con químicos para darle tonalidad inicial a nuestro listón.

“Uso de guantes de nitrilo, brocha y bayetilla”.

Figura 9. Preservación del material



Fuente: Melo (2023).

Paso 10: aplicación de pegante o resina

A continuación, se realiza la aplicación del pegamento o resina a los listones de guadua para unirlos. Inicialmente se usan las prensas sargento, o el molde de madera realizado con las medidas del producto final, que para el caso de los pisos laminados debe tener 3 caras que nos den un espesor de 1 cm, sin embargo, dependiendo de la especie utilizada para el laminado podremos realizar un piso laminado con dos capas buscando el mismo espesor.

Resina: en el mercado colombiano contamos con una variedad muy grande de resinas, pero al aplicarlas para nuestros pisos debemos verificar que esta resina tenga en sus características; la especificación de piso, pues esto nos dará más durabilidad y resistencia en nuestro laminado, dando rendimientos de hasta 30 m². En el caso del nodo guaduero de experimentación utilizamos Epoglass, la cual tiene componentes 4 a 1, dando resistencias de calidad industrial, y es de los productos más fáciles de conseguir en el mercado.

Pegamento: el acetato de polivinilo (PVA), es el idóneo, pues no contiene ningún elemento peligroso

para consumo o contacto con la piel, sin embargo, los pegamentos requieren de algunos elementos químicos para obtener mayor resistencia, y en este caso en el nodo guaduero de experimentación se escogió el llamado Colbón para madera, el cual dará la resistencia y durabilidad que necesitamos teniendo en cuenta que al final le daremos un acabado a nuestro laminado.

En el mercado colombiano el pegante más reconocido es la marca Carpincol, denominado mr-60. Esta empresa tiene otros productos con diferentes resistencias, y finalmente para pegantes que sean termo activables se puede comunicar con la empresa Pegantex o Sika, los cuales fabrican adhesivos.

A continuación, se verán unas imágenes de laminados pegados con moldes realizados para las medidas específicas, importante recordar que este molde puede variar de acuerdo con la necesidad y que en este caso se realizó el pegado de una sola capa a la vez.

“Inspección visual, prensas, pegamento, guantes de nitrilo”.

Paso 10.1: resina

El procedimiento será el siguiente: en un objeto limpio se mezclan los dos componentes A y B, en una proporción 4 a 1. Esta mezcla se usará para rellenar una capa gruesa en el laminado, la resina tendrá tres formas de aplicación diferentes:

- Al tener la mezcla lista podremos rebordear con cinta el laminado, y a continuación se procederá a esparcir el material hasta formar una capa gruesa.
- Se aplica la resina para pisos al laminado con ayuda de una espátula plástica,
- Otra metodología podría ser aplicar la resina y por medio de la gravedad mover el laminado hasta cubrir los espacios.

Al finalizar el relleno de una capa de laminado lleno con aproximadamente 1 mm de resina, deberá quedar la pieza nivelada y en reposo durante 24 horas.

“Uso opcional de guantes de nitrilo”.

Figura 10. *Pegado de latillas*



Fuente: *Melo (2023).*

Figura 11. *Pegado de latillas*



Fuente: *Melo (2023).*

Paso 10.2: pegante

La aplicación del pegamento se realizará, primero con una capa intermedia entre el exceso de color blanco del colbón y la capa transparente que se observa cuando hay muy poco pegamento, este pegante se debe aplicar en las dos caras que se van a encontrar para darle un mayor rendimiento.

Como recomendación, después de aplicarlo, la capa se debe dejar en autosecado, un minuto antes de unir las piezas. También, es importante recordar que el tiempo de manejo es de 15 minutos, el secado inicial se dará a los 45 minutos de su aplicación y el secado final, donde adquiere su resistencia total, será a las 24 horas de su aplicación.

“Uso opcional de guantes de nitrilo”.

Figura 12. *Secado de material*



Fuente: Melo (2023).

Paso 11: lijado de capa de laminado

Con el laminado obtenido, hay que pulir el material con una lija gruesa para eliminar residuos del proceso.

Figura 13. Eliminación de residuos



Fuente: Melo (2023).

Paso 11.1: resina

En este caso después de obtener su secado final, se procederá a realizar un pulido con la lija más fina que se tenga, para eliminar los residuos y así finalizar este proceso con el acabado de resina. Se recomienda usar una lija superior a la No. 240 para madera.

“Uso opcional de guantes anticorte”.

Figura 14. *Eliminación de residuos*



Fuente: Melo (2023).

Paso 11.2: pegante

En este caso se realizará un lijado secuencial, el cual se inicia con la lija más gruesa para madera que se tenga, bien sea No. 60 u 80. A continuación, se procederá con la lija No. 100, 120, 150, 180, etc.... generando así un acabado más limpio sobre nuestra superficie, hasta terminar el laminado con la calidad idónea. Se recomienda como mínimo darle un acabado con una lija No. 220..

“Uso opcional de guantes anticorte”.

Figura 15. Acabado final



Fuente: Melo (2023).

Paso 12: prensado de las láminas

En caso de haber realizado el pegado por medio de pegamentos o PVA, se procede a juntar las piezas de la prensa hidráulica, teniendo en cuenta que el tiempo mínimo que debe permanecer con presión constante de mínimo 100 kg fuerza es de una hora. En caso de haber realizado el pegado por medio de la resina, complementaremos el llenado del molde y colocación de la última pieza, dejando secar las láminas, luego del prensado, por 24 horas, con una fuerza mínima y constante de 100 kg.

La temperatura que tengamos en los platos calientes dependerá del requerimiento técnico de cada material de pegado, por lo que se recomienda verificar las especificaciones técnicas de los pegantes a usar. En el caso del nodo aplicamos pegantes y resinas en frío, las cuales pueden estar a temperatura ambiente manteniendo las planchas a unos 24 grados centígrados, promedio.

“Al superar las temperaturas de 30 °C deben utilizarse guantes de soldador o de carnaza”.

Figura 16. Prensado láminas



Fuente: Melo (2023).

Paso 12.1: pegante

En este caso se procederá sin necesidad de utilizar un molde extra, pues solamente requiere de la aplicación del pegamento en las capas, las cuales se colocarán cruzando las fibras horizontales con las verticales, para generar más resistencia en el laminado. Al terminar las capas deseadas se aplicará la presión que requiera la máquina.

Paso 12.2: resina

En caso de haber realizado el pegado por este medio, se debe tener un molde en el cual se aplica una capa de laminado, y a continuación se aplica otra capa gruesa de resina de 1 mm, luego se ingresa la siguiente capa del laminado con las fibras en el sentido contrario para generar más resistencia. Este proceso se repetirá de acuerdo con la cantidad de capas que se desea utilizar, colocando en la última capa una tapa o protector delgado para finalmente lijarlo y dar por terminado el proceso con el uso de esta máquina.

Paso 13: secado de los laminados

Para tener un control del material y garantizar un buen pegado con las resistencias que nos indica el proveedor de nuestros pegamentos, hay que esperar 24 horas a temperatura ambiente. Al finalizar este tiempo se realiza un nuevo lijado para dejar listo el laminado con los cortes correspondientes a traslajos, curvas o acabados que se consideren necesarios.

Figura 17. Lijado final



Fuente: Melo (2023).

Paso 14: pre acabado (aplicación de tintilla con trapo o aplicación de sellador)

En este punto debe aplicarse levemente el material para formar una capa que se secará en 15 min. Luego, se lijará de manera manual con una lija No. 180 o 200 sin retirar por completo la capa aplicada. Este procedimiento se repite por lo menos en tres ocasiones, con el objetivo de sellar los poros exteriores y alcanzar la tonalidad y soporte para los acabados que quiera lograrse.

“Se recomienda el uso de guantes de nitrilo y bayetilla”.

Figura 18. Aplicación de tintilla y sellante



Fuente: Melo (2023).

Paso 14.1: sellador

Este deberá mezclarse con el catalizador para que su secado sea rápido y así dar más manos al material que se quiere sellar. Este paso se debe repetir tantas veces sea necesario para que la superficie se sienta lo más limpia y lisa posible.

Se debe usar una bayetilla, la cual se humedecerá para dar una pasada en un solo sentido al laminado, sin restregar el material aplicado. Cada defecto generado por un error de aplicación será corregido en el proceso de lijado, cada 15 minutos después de haber aplicado el sellador.

Paso 14.2: tintilla

Debe pulirse de manera secuencial con la lija No. 100, 120, 150, 180, 220, 240, 400 y así sucesivamente, hasta conseguir el menor número de impurezas posibles en el material. A continuación, se deberá aplicar, con ayuda de una bayetilla, la tintilla, que debe aplicarse en un solo sentido sin repetir el espacio de aplicación de la tintilla, dejando secar por 15 minutos y se aplicará de nuevo, hasta conseguir el tono deseado.

Paso 15: ajuste

De acuerdo con el objetivo final del laminado que se está formando con la guadua y las capas que se le hayan realizado se tendrá la oportunidad de darle el acabado final antes de aplicar el producto final, en este caso podremos realizar cortes al material o un lijado final antes de realizar el acabado.

De acuerdo con el objetivo final y las capas realizadas, antes de aplicar el producto final podrá realizarse cortes al material o un último lijado.

“Aplicación de observación visual”.

Paso 15.1: corte

Se realizará el empalme de todos los posibles sobrantes que el mismo material requiera, sobre todo para la unión el laminado, bien sea un acabado liso, un traslapeo ideal para la unión de pisos, un machimbrado ideal para cubiertas o una duela ideal para la utilización de paredes.

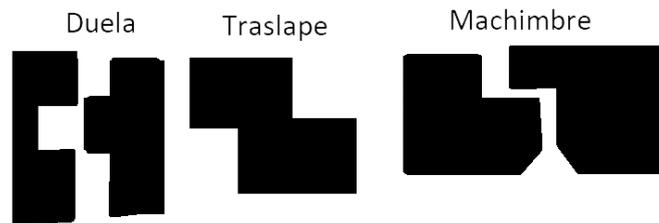


Figura 19. *Empalme de sobrantes*



Fuente: Melo (2023).

Paso 15.2: lijado

Se utiliza una lija No. 200 o superior. Es importante tener presente que, entre mayor sea el número de la lija, más fino será su grano, lo que dará un mejor acabado. Ahora bien, en el lijado se debe realizar el procedimiento de forma secuencial, empezando por el menor número al mayor número, lo cual evitará afectar el producto final.

En caso de resina se utilizará lija 200, 400 para dar un acabado.

Figura 20. Lijado para producto final



Fuente: Melo (2023).

Paso 16: aplicación de acabado final

En este punto se aplicará laca para dar un acabado especial al laminado. Después de haber realizado todos los pasos anteriores y una vez se ha descartado la opción de dejar con la tintilla el laminado y la resina a un lado, nos centramos en la laca, la cual se debe aplicar con ayuda del compresor, a una distancia de 15 cm entre el punto de contacto y el laminado.

También es importante que este sea aplicado en mínimo tres capas dando un intervalo de tiempo de dos horas entre cada una, y así dar una mayor durabilidad al laminado.

Finalizando el secado de 24 horas del producto lacado se lijará con una lija 1.000 o superior para darle un brillo o pulido especial al material y finalizar el proceso de generación de un laminado.

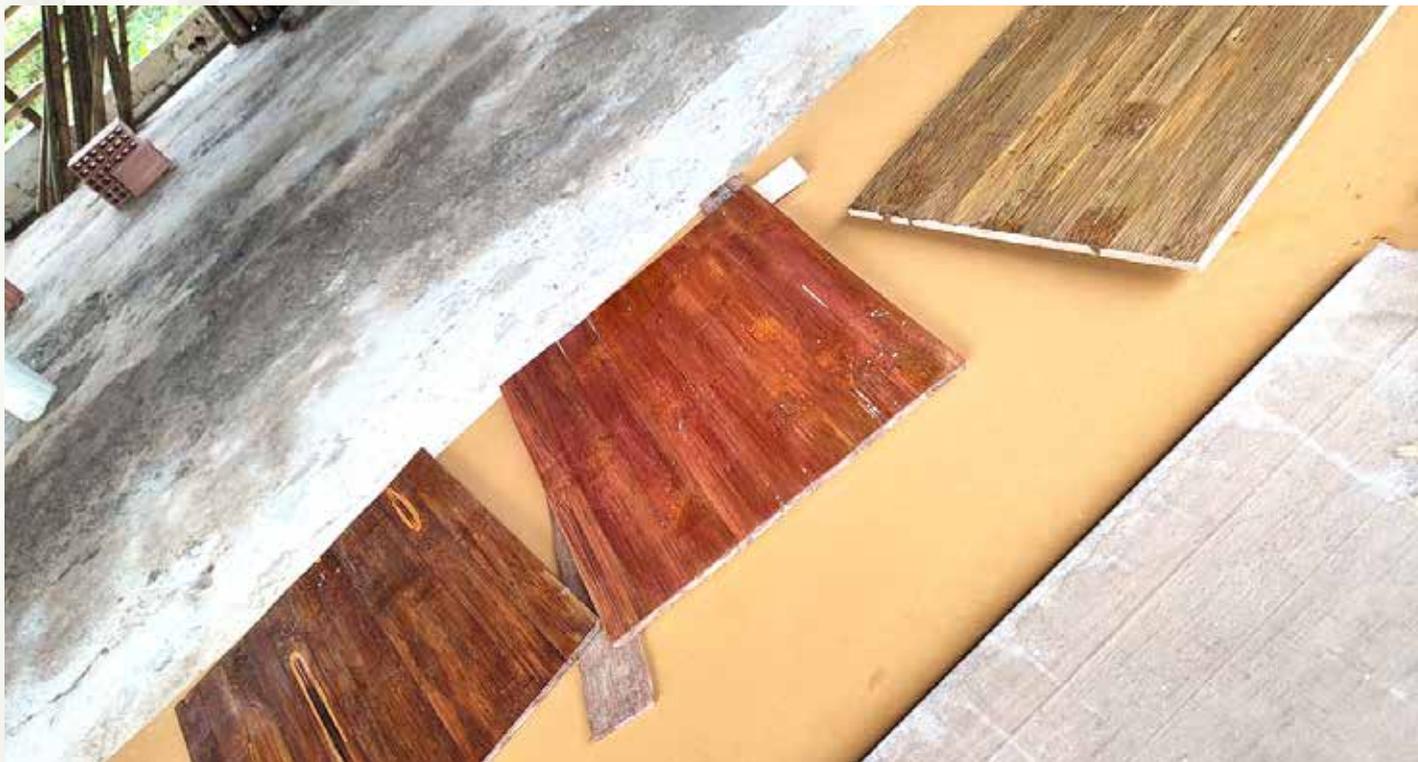
A continuación, se mostrarán algunos de los resultados obtenidos con el método de aplicado en el proyecto CTel para la guadua en Cundinamarca.

Figura 21. *Muestra de laminados acabado final*



Fuente: Melo (2023).

Figura 22. Muestra de laminados acabado final



Fuente: Melo (2023).

Figura 23. Muestra de laminados acabado final



Fuente: Melo (2023).

Figura 24. *Muestra de laminados acabado final*



Fuente: Melo (2023).

Elaboración de biochar y carbón activado con residuos de guadua

Elaboración de biochar de bambú – guadua

El carbón vegetal, biocarbón, además de ser llamado biochar, es un subproducto del pirólisis de la biomasa, siendo el precursor la guadua angustifolia kunth, y el bambú phyllostachys aurea.

El biocarbón es un material sólido, rico en carbono, que se obtiene por la conversión termoquímica de materiales orgánicos en un ambiente limitado o carente de oxígeno (Zheng, Holm, & Spokas, 2016), el cual tiene propiedades físicas y químicas aptas para el almacenamiento de carbono a largo plazo, en un medio

natural. Mejora de la fertilidad de los suelos (Ibarrola, Evar y Reay, 2013), brinda una mayor capacidad del suelo para retener la humedad, la cual se debe a su morfología altamente porosa y al aumento en la capacidad de intercambio catiónico.

Colecta de material como insumo en el proceso de carbonización

En general, todas las varas sirven para el proceso de carbonización sin condición alguna; pero es importante tener en cuenta algunas características a la hora de realizar procesos de aprovechamiento del bambú y la guadua, definiendo en el gradual cuales serían las óptimas para llevarlas a procesos de carbón biochar y carbón activado. Acá es importante resaltar, que el proceso de carbonización y activación se realizó con los residuos generados en las actividades de laminados del proyecto Ciencia, Tecnología e Innovación para la guadua en Cundinamarca.

Pasos en la preparación de biochar

Con el fin de alistar material para carbonizar en la producción de biochar, se llevan a cabo los siguientes pasos:

Paso 1: corte de las cañas sometidas al trabajo experimental en máquina cortadora

Con el fin de facilitar el manejo de las cañas en las máquinas después del corte, se sacan varas de 2 cm de ancho, y 1m de largo (corte longitudinal).

Figura 25. Corte de cañas



Fuente: Melo (2023).

Paso 2: secado previo del material en gabinete de secado

Con el fin de adicionar a la ruta establecida para la producción de biochar en secado previo, se alistan las fibras del precursor (guadua, bambú) para el impacto que tendrá el material en el corte, y posterior carbonización.

Adicionar este paso es opcional, pero recomendable, ya que el objetivo de este secado previo es ablandar las fibras del material para proceder con la molienda; para ello es necesario cortar las varas de bambú en palos pequeños de aproximadamente 20 cm. Este se puede llevar a cabo en un recipiente utilizando como medio de calor una estufa de leña, o si se hace en un laboratorio, utilizar el desecador o el gabinete de secado que hay en el Nodo Guaduo de Experimentación a temperatura de 80 grados por tres horas.

Figura 26. Calentamiento en desecador



Fuente: Pita (2023).

Paso 3: trituración del material

La preparación del material se hizo en trituradora o extrusora industrial; se cortaron pedazos de aproximadamente 20 cm x 1 cm de diámetro. Debido a las propiedades de las fibras de la guadua y el bambú, estas son sometidas a cortes de 2 cm de ancho x 1 m de largo, tratando de que el material se vaya degradando cada vez más.

Figura 27. Preparación material para triturar



Fuente: Pita (2023)

Paso 4: molienda del material

La molienda tiene el fin de romper un poco más las fibras, sin dejarlas tan degradadas es decir no llevarlas a polvo. Esta acción puede realizarse en molino manual o eléctrico, y su dimensión es de aproximadamente 0.2 mm x 1 mm.

Figura 28. Molienda del material



Fuente: Pita (2023).

Paso 5: carbonización del material para biochar

Puede desarrollarse en un horno tipo mufla, o en una estufa de leña realizando control de temperatura. La pirolisis se realiza de manera lenta en ausencia de oxígeno, utilizando temperaturas entre 500 °C – 600 °C con el fin de eliminar el contenido de humedad y materia volátil que contiene internamente la materia prima (precursor) para producir un carbonizado uniforme con elevado contenido de carbono fijo. En este intervalo de temperatura se desarrolla la desvolatilización térmica de la materia prima; si se utiliza una temperatura menor para la carbonización el material no alcanza con esa energía a liberar aceites esenciales y los respectivos gases que debe liberar; si la temperatura excede el valor se generan menores rendimientos másicos y hay riesgo de que el material se queme totalmente es decir se genere cenizas.

Una vez alcanza una temperatura de aproximadamente 550 °C, debe mantenerse por 60 minutos más. Esta acción es llamada tiempo de residencia. Cuando se

consiga este tiempo, se apaga la mufla, dejando las muestras internamente hasta que la máquina se estabilice a temperatura ambiente de 20 °C y un tiempo aproximado de una hora, denominado hora de residencia, solamente de esta manera podrá abrirse la mufla, de lo contrario, si se hace a elevadas temperaturas para sacar las muestras, esta podría sufrir un choque térmico generando como consecuencia el daño del equipo.

Figura 29. Muestra de biochar



Fuente: Pita (2023).

Evaluación del rendimiento y propiedades químicas del biochar

Antes de llevar las muestras de biochar a carbón activado, estas deben surtir los respectivos análisis, para ello se toma una muestra de biochar granulado y se lleva a molido, utilizando un tamiz con dos mallas de diámetros diferentes; para este caso se utilizó el tamiz No 20 con diámetro de 0.85 mm.

Es importante realizar los siguientes análisis para determinar la calidad del carbón que se va a activar, para ello se debe tener en cuenta:

Para evaluar el rendimiento del biochar (kg): el rendimiento se determina relacionando el peso del biochar (kg) entre el peso de la biomasa seca (kg) por 100. (ver tabla 1).

Para evaluar las propiedades fisicoquímicas: se usó la norma internacional ASTM D 1762 – 84 (ASTM, 2001) (tabla 1).

Para la caracterización del biocarbón: se consideró la determinación de los siguientes parámetros: porcentaje de humedad, ceniza, materia volátil y materia residente o recalcitrante (carbono fijo).

Tabla 1. Ecuaciones utilizadas para medir el rendimiento y las propiedades del biochar

Propiedades fisicoquímicas norma internacional ASTM D 1762 – 84 (ASTM, 2001)		
Variable	Fórmula	Definiciones
Rendimiento (R)	$R = \frac{P}{PS} * 100$	P= peso de biochar Ps= peso de biomasa seca
Contenido de humedad	$CH = \frac{A-B}{A} * 100$	A= masa inicial de la muestra molida (g) B= masa después de 105 °C (g) CH= contenido de humedad (%)
Material volátil	$MV = \frac{B-C}{B} * 100$	B= masa después de 105 °C (g) C= masa después de 950 °C (g)
Contenido de Cenizas (CC)	$CC = \frac{D}{B} * 100$	B= masa después de 105 °C (g) D= masa del residuo (g)
Carbón fijo	$CF = 100 - C - MV - CC$	C= masa después de 950 °C (g) MV= material volátil (%) CC= contenido de Cenizas (%) CF= carbón fijo

Fuente: *Elaboración propia*

Contenido de humedad: el ensayo debe determinarse en laboratorio, a partir de un método termogravimétrico, es decir, pérdida por secado, mediante el cual se calienta la muestra y se registra la pérdida de peso debida a la evaporación de la humedad. Para ello se colocó la muestra en una estufa durante dos horas a 105 °C.

Material volátil: el material volátil incluye los componentes del carbón, excepto el agua, que se libera a altas temperaturas en ausencia de oxígeno. Los carbones con un alto nivel de material volátil presentan un mayor riesgo de combustión espontánea.

Para ello se colocó la muestra de carbón libre de humedad en una mufla a 950 °C.

El porcentaje del material volátil se estimó por diferencia de peso entre la masa del carbón anhidro y la masa de la muestra después de exponerla a 950 °C.

Contenido de cenizas: las pruebas de viscosímetro de ceniza permiten la medición directa de la relación

temperatura - viscosidad de su carbón y sus mezclas de carbón.

El porcentaje de ceniza debe ser bajo. Las cenizas del biochar pueden ser útiles debido a que estas neutralizan la acidez del suelo y pueden estimular la actividad de las bacterias que fijan el nitrógeno en la tierra, si se presentan en un muestreo se pueden utilizar en la fertilización del suelo, pero no sirven para realizar carbón activado.

La muestra libre de humedad y material volátil se sometió a 750 °C en la mufla durante siete horas, posteriormente se enfrió y se tomó peso final.

Carbón fijo: el carbono fijo es el carbono elemental, C, presente en el carbón. Es igual al peso original menos la suma de materia volátil, humedad y cenizas; este se estimó al restar el contenido de humedad, material volátil y cenizas a la masa del carbón molido y tamizado.

Usos del biochar

Puede ser usado en las siguientes actividades:

- Como combustible, para gasógenos, usos domésticos (cocinas, parrilladas), restaurantes (pollerías).
- Como materia prima para elaborar reactivos químicos: sulfuro de carbono, carburo de calcio, cianuros, etc.
- En metalurgia, para fabricación de acero y aleaciones de metales: actúa como endurecedor y separador.
- Para fabricar carbón activado, con una gran superficie específica de adsorción.
- Utilizado como depuradores, de colorantes o filtros en fase líquida o gaseosa, adsorbente de gases, purificador de agua y licores, etc.
- Se usa como enmienda orgánica para aplicar a suelos ácidos.
- Libera lentamente los nutrientes y mejora la calidad del suelo.

Importancia del carbón biochar en la agricultura

El biochar es un elemento clave que puede dar un gran aporte a la germinación de semillas en la agricultura. Para determinar este aporte, se realiza la prueba de germinación. Esta prueba es utilizada para determinar la viabilidad de la germinación de un lote de semillas utilizando como medio nutritivo del sustrato de biochar. Se determina a través del porcentaje de semillas que tienen la capacidad de generar plántulas normales, bajo condiciones óptimas de luz, agua, aire y temperatura. La prueba de germinación “estándar entre papel” desarrollada en laboratorio, consiste en evaluar las semillas tratadas en condiciones controladas de humedad, temperatura y luz, para determinar el porcentaje de plántulas normales que determinan la capacidad germinativa. El proceso de germinación está constituido por tres fases: i) imbibición de agua ii) activación del metabolismo, síntesis de proteínas y

carbohidratos y degradación de reservas; iii) desarrollo del embrión y ruptura de la testa a través de la cual se observa la emergencia de radícula y posteriormente la plúmula o tallo; realizar la prueba de biochar define también características en cuanto a su aplicación en el suelo.

Materiales:

- Cajas petri.
- Papel filtro.
- Pinzas.
- Erlenmeyer.
- Embudos

Procedimiento

Paso 1: preparar la solución madre de biochar

Preparar extracto de biochar: moler 10 g, disolver en 100 ml de agua destilada, agitar por 10 minutos y filtrar utilizando papel filtro. El contenido servirá de base en la elaboración de las soluciones.

Figura 30. Preparación de solución madre



Fuente: Pita (2023).

Paso 2: preparación de las soluciones

La solución madre será la base para la preparación de las cuatro concentraciones (1 %, 3 %, 5 %, 7 %), como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Concentraciones para utilizar en los ensayos

Propiedades fisicoquímicas norma internacional ASTM D 1762 – 84 (ASTM, 2001)		
Muestra	Biochar solución madre	Agua Destilada
1	-	100 ml
2	1 ml del filtrado de biochar	99 ml
3	3 ml del filtrado de biochar	97 ml
4	5 ml del filtrado de biochar	95 ml
5	7 ml del filtrado de biochar	93 ml

Fuente: *Elaboración propia*

Paso 3: preparación de medios de propagación de semillas

Colocar papel filtro inmerso en cinco cajas petri, mojar el papel con las concentraciones preparadas (tabla 2) y adicionar 10 semillas a estudiar en cada caja, de manera que queden bien distribuidas, tapar las cajas y dejar en ambiente oscuro condicionado para la germinación.

La prueba de germinación se llevó a cabo en cada uno de los municipios, se definieron las semillas aportadas en cada región y se desarrollaron diferentes ensayos con ellas.

Al realizar este trabajo práctico debe observarse la evolución de las diferentes cajas, durante los cinco días siguientes al desarrollo del proceso. Se recomienda realizar los cálculos de germinación con ayuda de estas fórmulas:

Figura 31. *Preparación de medios de propagación de semillas*



Fuente: Pita (2023).

Figura 32. Trabajo de práctica, prueba de germinación en La Mesa, Cundinamarca



Fuente: Arévalo (2023).

PGR= número de semillas germinadas / Número de semillas sembradas x 1000.

CTR= elongación del tallo de las plántulas por experiencia / Número de semillas sembradas x 100.

IG = PGR x CTR / 100.

Donde:

PGR= porcentaje de germinación.

CTR= crecimiento del tallo.

IG= índice de germinación.

Luego de haber realizado la prueba de germinación en las comunidades del proyecto CTel para la guadua en Cundinamarca, se observa que la mayoría de las experiencias realizadas en territorio definieron buenos

resultados. Transcurridos cinco días luego de colocar las semillas en las cajas, la respuesta de crecimiento de los cotiledones de las plantas de lechuga, reportan un crecimiento significativo en la caja No. 3, la cual fue preparada con 3 ml del filtrado de biochar con 97 ml de agua destilada.

Esto indica que esta solución puede ser utilizada como insumo en la fertilidad de los suelos donde se encuentran los cultivos preferiblemente de la planta utilizada en el desarrollo de la práctica.

Es de resaltar que en una de las regiones (Guaduas) se desarrolló el efecto del biochar sobre las semillas de vainillo, de manera acelerada. La germinación de la semilla fue de tres horas, lo que indica la eficiencia del biochar en el proceso de germinación de esta clase de plantas a esta concentración (5 ml de biochar en 95 ml de agua destilada).

Figura 33. Germinación de semillas de vainillo



Fuente: Pita (2023).

Elaboración de carbón activado con residuos de bambú – guadua

Carbón activo es un elemento poroso que atrapa compuestos, en primer lugar, orgánicos, presentes en un gas o en un líquido. Existe dos procesos por los cuales se puede activar un carbón: por medios físicos o medios químicos.

Activación física: la activación física es un proceso que no genera grandes emisiones a la atmósfera de agentes contaminantes, esta se realiza utilizando CO₂ o vapor de agua como medio de limpieza y apertura de poros en el carbón.

Activación química: se caracteriza por la descomposición térmica de la materia prima impregnada con agentes químicos, como ácido fosfórico, cloruro de zinc, carbonato de potasio, cloruro de calcio, entre otros.

Los agentes oxidantes utilizados en la activación química reducen al máximo la formación de brea y tanto el cloruro de zinc como el ácido fosfórico actúan como deshidratante, ya que permite la combinación del hidrógeno con el oxígeno de la célula para formar agua. Los vestigios de agua son eliminados, con lo cual solo pueden formarse cantidades muy pequeñas de alquitrán, mientras que la mayor parte de este compuesto se transforma en compuestos de carbono. De esta manera, los poros del carbón quedan libres y, en consecuencia, el resultado es un producto con una gran superficie específica. Se considera que los métodos de activación química dan siempre óptimos resultados en lo que se refiere a porosidad y superficie libre de activación. (Montesinos, 2018).

Activación del carbón con cloruro de calcio CaCl_2

Para el desarrollo de esta activación es necesario tener la materia prima en estado de carbonización o biochar. Los pasos que se desarrollan para la activación son:

Paso 1: preparación de la sustancia de CaCl_2

En un vaso de precipitado o vaso de vidrio, preparar 100 gr. de CaCl_2 , agregar 300 ml. de agua destilada. Tener cuidado y realizar este proceso con precaución, ya que esta mezcla puede calentarse, se debe agitar hasta completar dilución, y dejarlo quieto durante 10 minutos, para posteriormente dejar enfriar.

Paso 2: impregnar

En un recipiente metálico adicionar 30 gr. de biochar previamente preparado. Agregar de manera lenta

la mezcla del cloruro hasta definir una sustancia pastosa mezclar con espátula plástica, dejar secar al ambiente al sol 24 horas o en estufa a 100 °C por tres horas.

Paso 3: filtrado

Filtrar la solución dejada en inmersión con la sustancia asignada (cloruro de calcio), para proceder luego a la activación térmica.

Paso 4: activación

Primer tratamiento térmico:

Colocar la mezcla en un recipiente metálico con tapa para llevarlo a estufa o desecador a temperatura de reacción lenta de 400 °C, 500 °C por hora; se recomienda utilizar rampas de temperatura de 30 minutos en cada subida de temperatura.

Segundo tratamiento térmico:

Llevar la muestra, una vez seca, a temperaturas un poco más altas, con una temperatura final de 800 °C por

una hora en horno tipo mufla, programada o controlada en estufa de leña.

Paso 5: enfriar material

Enfriar el material hasta temperatura ambiente para luego embolsarla en tela porosa, que no haya tenido procesos de fijación de tintes, pues el carbón activo que se dejará en reposo en este tipo de telas absorberá líquidos y vapores.

Activación del carbón a partir de la impregnación con ácido fosfórico H_3PO_4

Cuando se lleva a cabo la activación química se hace primero una impregnación directamente a la materia prima, de esta forma durante la descomposición térmica este degrada todo el material inorgánico presente en el carbón.

Figura 34. Etapas de del carbón activado a partir de ácido fosfórico



Fuente: elaboración propia.

Para alistar el material para la activación con ácido fosfórico, se utiliza el mismo procedimiento desarrollado en la elaboración de biochar, las varas se llevan a corte, extrusión, molido, se trituran y tamizan hasta que estén de un tamaño de partícula entre 1-2 mm, y así dar inicio con el proceso de impregnación con H_3PO_4 ácido fosfórico a concentraciones de 0.5, 1 y 1.5 g/L.

Paso 1: impregnación

En este paso se alistan 30 g de molido de caña de bambú que se impregnarán con la solución. Esta se prepara con antelación designando 250 mL de solución de ácido fosfórico H_3PO_4 a concentraciones detalladas en la tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones de alistamiento del carbón activo

Condiciones de preparación	
Agente impregnante	H3PO4
Temperatura (°C)	80
Tiempo de contacto	3 h
Masa del precursor	30 g
Concentración de la solución	2,04; 4,08; 6,12 (mol L-1)
Relación de agente impregnante (g)/	0,5; 1,0; 1,5 precursor (g)

Fuente: *Elaboración propia*

Paso 2: secado

El secado del material impregnado se realiza a temperatura de 90 °C, en un desecador o estufa de leña controlando la temperatura que se debe manejar a 80 °C por 24 horas.

Paso 3: activación

Colocar el material en la mufla en un recipiente de acero inoxidable con tapa, verificando que la tapa tenga huecos para dejar salir los vapores, la temperatura de reacción debe ser lenta de 400 °C, 500 °C y 600 °C por 1 hora. Se utilizan rampas de 30 minutos en cada una a temperaturas de 200 °C y 300 °C, con una T final fijada entre 400 °C y 600 °C, tiempo de residencia: una hora.

Figura 35. Uso de la mufla para la activación



Fuente: Pita (2023).

Paso 4: lavado y secado

El precursor carbonizado se lava varias veces con 250 ml. de agua destilada caliente, preparada con anterioridad, con rangos de temperatura de 70 °C a 90 °C, con agitación constante hasta que el pH sea 5.5 de la solución de lavado. Luego se debe llevar este carbón a secar a la estufa a 80 °C por 24 horas.



Figura 36. Alistamiento de material impregnado con ácido fosfórico



Fuente: Pita (2023).

Preparación del carbón activado utilizando ácidos naturales como el limón

El proceso de activación en medios naturales puede realizarse de dos maneras: llevar la materia prima a inmersión directa con jugo de limón o preparar biochar e impregnarlo con zumo de limón.

Si el proceso de activación se define teniendo biochar del precursor este se realiza de la siguiente manera:

Paso 1: carbonizar

Llevar el material a biochar realizando una carbonización en la mufla hasta 550 °C de T, subiéndola lentamente cada 30 min, durante 4 horas. Dejar enfriar a temperatura ambiente en el horno hasta 0 °C.

Paso 2: lavado

Dejar enfriar los carbones que salen de la mufla y proceder a lavar con agua destilada, dejar secar a

temperatura ambiente durante 24 horas o ingresar a la estufa a una T de 80 °C por tres horas.

Paso 3: molido

Sacando el biochar de la estufa se somete a molido hasta dejarlo en polvo con mortero y pistilo.

Paso 4: tamizar

Se recomienda pasar el carbón por tamiz de porosidad no mayor a 20 mm.

Paso 5: impregnar

Para llevar a cabo la impregnación con jugo de limón es necesario tener en cuenta el peso de 30 gr. de biochar molido y seco en un vaso de precipitado, e impregnarlo con 500 ml. de jugo de limón (sin semillas), mezclar bien hasta obtener una pastosidad en la mezcla, dejar reposar en un lugar oscuro por 24 horas.

Paso 6: segundo lavado

Lavar la mezcla anterior con agua destilada en un colador, desarrollando tres repeticiones, dejar secar al ambiente en sol por 24 horas o en estufa a 100 °C por tres horas.

Paso 7: activación

Colocar el material en la mufla en una olla de metal con tapa.

Colocar la mufla a reacción lenta de 400, 500 por una hora; utilizar rampas de temperatura de 30 minutos en cada una de las temperaturas de 200 °C y 300 °C, y la temperatura final fijada a 800 °C residencia una hora.

Figura 37. Inmersión del biochar en medios naturales



Fuente: Pita (2023).

Es importante tener en cuenta que el carbón seco activado en este proceso debe ser almacenado en frascos o bolsas al vacío para mantenerlo conservado, ya que una vez está activo, empezará a atrapar vapores / gases del exterior.

Caracterización del material para activar

El análisis de componentes formados o eliminados por calor es el método más rápido, práctico y económico, para caracterizar el carbón activado, y todo tipo de carbones. Este método basa su análisis en el hecho de que los componentes del carbón se separan o descomponen por acción del calor. Estos componentes, efectuados sobre base seca del carbón, son el carbono fijo, los materiales volátiles y las cenizas. La metodología de análisis es descrita en la norma ASTM D-1762 y adoptada en las normas técnicas nacionales NTP 21:15.

La cantidad y calidad de los tres componentes son características inherentes a la materia prima y a los métodos de carbonización y activación.

La descripción de los componentes del carbón se presenta a continuación:

Carbono fijo: es considerado el componente principal del carbón y teóricamente corresponde a carbono puro. Los valores medios de carbono fijo varían de 60 % a 80 % para un carbón vegetal, pero para que un carbón tenga características de buena adsorción (carbón activado) los valores superan el 90 %. Los valores de carbono fijo están en relación directa con la calidad del carbón, que a su vez depende de la temperatura de tratamiento, tal como se muestra en los siguientes valores (FAO, 2020).

Tabla 4. Carbono fijo según temperatura

Temperatura °C	Carbono fijo %
280-380	78
380-500	84
700-900	91

Fuente: *Elaboración propia*

Nota de interés: el porcentaje de carbono en materias primas como la madera (base seca) es de aproximadamente el 50 %.

Los valores de carbono fijo del carbón activado (base seca) se obtienen, restando de 100 % los valores porcentuales de material volátil y de cenizas.

Con el fin de analizar los carbones activados, es necesario realizar pruebas que definan las características

de la composición interna y su calidad. Para ello es necesario determinar contenido de humedad, contenido de material volátil, contenido de ceniza, y; pH, adsorción y porosidad del carbón activo.

Determinación del contenido de humedad: el valor de humedad (referido a base húmeda) del carbón activado depende de la materia prima, el tipo de proceso y las condiciones de almacenamiento del producto. En promedio, los valores de humedad del carbón son menores al 5 %. Para los carbones con fines industriales, la humedad recomendada es inferior a 4 %. En carbones activados para uso de laboratorio, los valores de humedad recomendados son inferiores al 2 %. (González y Teruya). La definición de este valor se determina de la siguiente manera:

Pesar 1 + 0.1gr. de carbón activado y colocar la muestra en un crisol. Poner la muestra a estufa a 105 °C por tres horas hasta obtener peso constante.

Transcurrido el tiempo de ensayo se deja enfriar el crisol en el desecador y luego se pesa.

Por diferencias de pesadas se determina el contenido de humedad expresado en porcentaje.

$$CH\% = \frac{(PH - PS)}{PH} \times 100$$

PH

CH= contenido de Humedad expresado en porcentaje.

PH= peso Húmedo en gramos de la muestra problema.

PS= peso seco en gramos de la muestra problema.

Determinación del contenido de material volátil: formado principalmente por hidrocarburos (breas y alquitranes) de alto peso molecular, que provienen de la descomposición de la materia orgánica. El material volátil, mientras no se elimine, queda retenido dentro de los intersticios o poros del carbón. Sus valores disminuyen cuando se eleva la temperatura de tratamiento, sea durante la carbonización o activación; estos valores también son influenciados por los tipos de tratamiento. Los valores altos de material volátil son indicativos, para la mayoría de sus usos, de una mala calidad de carbón. Al reducir

el contenido de material volátil, se libera el área de los poros, aumenta la superficie específica y por consiguiente aumenta la capacidad de adsorción (González y Teruya, 2004). El material volátil se define por medio del siguiente procedimiento:

- Calentar la mufla a 950 °C proceder a precalentar los crisoles con sus tapas usados para el análisis de humedad, conteniendo la muestra.
- Los crisoles se pondrán sobre la puerta de la mufla, debiendo permanecer abierta durante dos minutos, y luego por tres minutos sobre el borde exterior de la mufla.
- Luego se coloca la muestra hacia la parte posterior de la mufla durante seis minutos con la puerta cerrada.
- Transcurrido el tiempo de ensayo, el crisol se deja enfriar en un desecador de vidrio hasta enfriar.
- Enfriado el crisol se pesa y los resultados se expresan en porcentaje.

$$\text{Vol} = \frac{\text{PS} - \text{Psvol}}{\text{PS}} \times 100$$

Vol = El material volátil expresado en porcentaje.

PS = peso seco en gramos de la muestra problema.

Psvol = peso del material sin volátiles en gramos.

Determinación del contenido de cenizas:

los valores de cenizas en el carbón dependen, por lo general, de las características intrínsecas de la materia prima, es decir, en este caso, del contenido de cenizas de la materia original. Los valores normales de cenizas varían, en materias orgánicas de origen vegetal, de 1 % a 10 %. En el caso de maderas comerciales, los valores de cenizas varían de 0,5 % a 5 %. (Gonzalez y Teruya, 2004). Para definir el contenido de ceniza es necesario:

- Colocar los crisoles usados para el análisis de volátiles, con la muestra, a una temperatura de 750 °C durante seis horas en la mufla. Colocar las tapas dentro de la mufla.

- Enfriar los crisoles con las tapas colocadas en el desecador por una hora y pesar.
- Repetir el calentamiento de la muestra por una hora, poner en el desecador por una hora con su respectiva tapa, y pesar, arrojando una pérdida menor a 0.0005 gr.
- Expresar los resultados en porcentaje.

$$\text{Cz} = \frac{\text{PCz}}{\text{PS}} \times 100$$

Cz = el contenido de cenizas expresado en porcentaje.

PCz = peso de la ceniza expresado en porcentaje.

PS = peso seco en gramos de la muestra problema.

Determinación del pH del carbón activado -NTP 0.27.025-1982: para conocer el pH de los carbones activados es necesario realizar la prueba de pH, de la siguiente forma:

- Se pesa 0.5 gr. aproximadamente de carbón activado seco a (110 °C + 2 °C).

- Se transfiere la muestra del carbón activado a un vaso de precipitación de 50 cm³ y se añaden 25 cm³ de agua.
- Se calienta el vaso a baño maría a 80 °C durante dos minutos, agitando lentamente.
- Se ajusta el potenciómetro con la solución amortiguadora (buffer) a un pH próximo al de la muestra.
- Se efectúa la lectura del pH próximo al de la muestra directamente, manteniendo la temperatura a 75 °C + 5 °C.
- Se enfría rápidamente hasta temperatura ambiente y se realiza la segunda lectura del pH (Gonzalez y Teruya, 2004).

Capacidad de adsorción del carbón activo: el término adsorción, desde la química se define como el fenómeno por el cual los átomos, iones o moléculas de gases, líquidos o sólidos se disuelven en otra sustancia.

La adsorción en el carbón puede definirse como el proceso por el cual los átomos de carbono en la estructura molecular permiten la entrada y retención de un sólido, líquido o gas de moléculas de otros compuestos. Este fenómeno desarrollado por el carbón está definido desde su naturaleza; la capacidad adsorbente se ve muy favorecida por la estructura porosa y la interacción con adsorbatos polares y no polares, dada su estructura química; además las reacciones químicas en su superficie están influenciadas por centros activos, dislocaciones y discontinuidades, donde los carbones tienen electrones desapareados y valencias insaturadas, presentando mayor energía potencial (Sevilla, 2011).

El carbón activo tiene una gran variedad de tamaños de poros (porosidad del carbón activo), los cuales pueden clasificarse de acuerdo con su función, en poros de adsorción y poros de transporte. Los primeros son espacios entre placas graníticas con una separación de entre una y cinco veces el diámetro de la molécula que va a retenerse. En estos, ambas placas de carbón están lo suficientemente cerca como para ejercer atracción sobre el adsorbato y retenerlo con mayor fuerza. Los

poros mayores son de transporte, y tienen un rango muy amplio de tamaño, que va hasta las grietas que están en el límite detectable por la vista, y que corresponde a 0.1 mm. En esta clase de poros solo una placa ejerce atracción sobre el adsorbato, y entonces lo hace con una fuerza menor, o incluso insuficiente para retenerlo. Actúan como caminos de difusión por los que circula la molécula hacia los poros de adsorción en los que hay una atracción mayor (Sevilla, 2011).

Según la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry - Unión Internacional de Química Pura y Aplicada), se distinguen tres grupos de poros de acuerdo con su tamaño: macroporos (> 50 nm diámetro), mesoporos (2-50 nm diámetro) y microporos (> 2 nm diámetro).

Determinación de la capacidad de adsorción en el carbón activado utilizando azul de metileno (espectroscopía infrarroja): los sólidos porosos como el carbón activado poseen en su interior cavidades o túneles que reciben el nombre de poros. Estos constituyen la parte más importante en la estructura de un carbón, ya que determinan sus propiedades

texturales, las cuales se relacionan con la adsortividad y determinan la superficie específica a lo largo del sistema poroso, facilitando la difusión y la adsorción; en este caso específico se analiza la capacidad de absorbancia del carbón activo a partir del azul de metileno.

El índice de azul de metileno es la cantidad de este en solución, adsorbida por 1 g de carbón activado. La variación del color de la solución, a causa de la adsorción, es evaluada mediante análisis de espectrofotometría con luz visible.

Con el fin de estudiar la química superficial y realizar la determinación de los grupos funcionales en la materia prima (precursor) y en los carbones activados, se realizó el análisis por espectroscopía infrarroja; para ello se utilizó un espectrofotómetro y se aplicó el siguiente procedimiento:

- Las muestras carbonizadas se secaron en una estufa por aproximadamente 15 horas a una temperatura de 100 °C.
- Luego se pulverizan y homogenizan en un mortero, para, tomando 0.1 g de carbón activado seco a 120 + 2 °C.

- Se transfiere la muestra a un vaso de vidrio de 250 ml.
- Se añade desde una probeta la solución de azul de metileno de 0.025 gr en 100 ml de agua destilada cada lapso.
- El vaso con la muestra de carbón activado y la solución con azul de metileno se mezclan con un agitador magnético. Durante la agitación se observa la decoloración de azul. El tiempo total del ensayo establecido es de 30 minutos.
- La solución es filtrada y luego se llena la columna de cuarzo de 2 cc.

La lectura en el fotolorímetro es directa sin unidades establecidas, que nos dará lectura tomando como referencia una longitud de onda de 446 nm.

$$\% \text{ Ad} = \frac{\text{Lect. Patrón} - \text{Lect. De la muestra}}{\text{Lect. Patrón}} \times 100$$

Figura 38. *Ensayo de adsorción azul de metileno*



Fuente: Pita (2023).

Usos del carbón activado

El carbón activado puede ser usado en diferentes sectores. La siguiente ilustración muestra los usos que se les puede dar a este producto.

Figura 39. Servicios que presta el carbón activado



Fuente: elaboración propia

A continuación, se presentan dos usos del carbón activado generado con los residuos de la guadua.

Debido a las bondades y las propiedades purificantes del carbón activado puede utilizarse en jabones o mascarillas faciales para eliminar la suciedad, la grasa, las células muertas o los restos de polución que se han acumulado en el rostro durante el día. Algunos ejercicios prácticos para la utilización del carbón activado a nivel cosmético son descritos a continuación:

Elaboración de mascarillas para todo tipo de piel.

Materiales:

- 10 ml de arcilla de bentonita.
- 2.5 g de carbón activo, 1/2 cucharadita molido en polvo.
- 1 g de cúrcuma en polvo preferiblemente una pizca.
- 1.5 ml de vinagre de manzana, 2 cucharaditas.
- 1 ml de miel (una cucharadita).
- Una botella de agua destilada.

Procedimiento:

Mezclar en un recipiente plástico o de vidrio el carbón activo + bentonita+ cúrcuma hasta que se observe

una buena compactación, agregar el vinagre, añadir agua en cantidades pequeñas hasta obtener una mezcla homogénea, procurando no agregar agua solo hasta el grado de solución de los materiales, preferiblemente dejar la mezcla en estado cremoso y no líquida.

Jabón de carbón activado para combatir el acné.

Materiales:

- 120 g de glicerina sólida ó líquida de uso cosmético.
- 2.5 de aceite vegetal (árbol de té).
- 2.5 de carbón activo:

Procedimiento:

Preparar en un recipiente de vidrio o plástico la mezcla, si la glicerina se encuentra en estado sólido es mejor fundirla, cuidando que no llegue a altas temperaturas, agregar la glicerina + 2.5 de carbón + 5 gotas de aceite esencial de árbol de té; mezclar con espátula de madera o plástica hasta obtener una pasta pesada, agregar en los moldes plásticos o de silicona hasta que complete su tiempo de secado. Si la glicerina es líquida se realiza el mismo procedimiento agregando la cantidad en ml, para luego envasar y utilizar para los fines pertinentes.

Figura 40. Experiencias prácticas de los ensayos realizados en el diplomado - Municipio de La Vega



Fuente: Proyecto CTel para la Guadua (2023).

Figura 41. *Experiencias prácticas de los ensayos realizados en el diplomado - Municipio de Guaduas*



Fuente: Silva (2023).

Figura 42. Experiencias prácticas de los ensayos realizados en el diplomado - Municipio de El Peñón



Fuente: Silva (2023).

Reflexiones y conclusiones

- La apropiación de estos conocimientos y tecnologías por parte de los actores de la guadua involucrados, al igual que de los lectores interesados, les darán las habilidades, herramientas y competencias para la elaboración de laminados y carbón activado, con el fin de mejorar continuamente su calidad a futuro, además de transferir y escalar lo aprendido a otras comunidades potenciales, a fin de aumentar el impacto y sostenibilidad del proyecto en un largo plazo.
- La transferencia de conocimiento y tecnología evidenciado en esta cartilla se convierte en una herramienta importante para la generación de innovaciones a partir del recurso guadua, donde el valor agregado que se le incluye aporta a la mejora de la competitividad y progreso de los territorios.
- El laminado en guadua tiene características que predominan, como un acabado sofisticado y único en su especie, resistencia superior a los laminados melánicos y aglomerados que se encuentran en el mercado. Además, su elaboración aporta a la sostenibilidad ambiental, al ser considerado un recurso renovable que evita la deforestación para continuar prestando sus servicios ecosistémicos.
- El proceso de elaboración de laminados genera un 60 % de desperdicios, variando en trozos despedazados, tramos sobrantes de guadua o aserrín de diferentes calibres. Este porcentaje se verá reducido a un máximo del 10 %, al ser reutilizado para otros procesos como la generación de biochar o carbón activado, generación de pequeños laminados, elaboración de papel con virutas, rellenos de almas, o incluso palillos.

- El proceso de elaboración de biochar, es de gran importancia para el sector agrícola de nuestro país, ya que es usado en compostaje para fertilizantes, aportando los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas de forma natural y orgánicamente sostenible, lo cual aportaría de una u otra manera a las plantaciones de guadua que tienen previsto sembrar en el departamento.
- La metodología aprender-haciendo o también denominada aprendizaje por experimentación, es el perfecto aliado para generar un aprendizaje más completo y profundo, al definir y aclarar los conceptos vistos para luego apropiarlos y ponerlos en práctica, y así lograr solucionar las dudas generadas en ambos campos, tanto en lo teórico como en lo práctico. Cabe resaltar que los profesores compartieron desde su experiencia e investigación sus conocimientos y habilidades, siempre con miras a fortalecer el sector y lograr la competitividad deseada en el territorio, mediante la transferencia de las tecnologías nombradas en la presente cartilla.

Listado de figuras

Figura 1.	Gabinete de secado	14
Figura 2.	Guadua seca y madura	16
Figura 3.	Manipulación materia prima	17
Figura 4.	Corte materia prima con sierra ingleteadora	18
Figura 5.	Inspección y medida de material	20
Figura 6.	Anticorte separación de vara para conformar latillas	21
Figura 7.	Limpieza de latillas	22
Figura 8.	Canteado latillas	23
Figura 9.	Preservación del material	24
Figura 10.	Pegado de latillas	26
Figura 11.	Pegado de latillas	27
Figura 12.	Secado de material	28
Figura 13.	Eliminación de residuos	29
Figura 14.	Eliminación de residuos	30
Figura 15.	Acabado final	31
Figura 16.	Prensado láminas	32
Figura 17.	Lijado final	34

Figura 18.	Aplicación de tintilla y sellante	35
Figura 19.	Empalme de sobrantes	37
Figura 20.	Lijado para producto final	38
Figura 21.	Muestra de laminados acabado final	39
Figura 22.	Muestra de laminados acabado final	40
Figura 23.	Muestra de laminados acabado final	41
Figura 24.	Muestra de laminados acabado final	42
Figura 25.	Corte de cañas	45
Figura 26.	Calentamiento en desecador	46
Figura 27.	Preparación material para triturar	47
Figura 28.	Molienda del material	48
Figura 29.	Muestra de biochar	49
Figura 30.	Preparación de solución madre	55
Figura 31.	Preparación de medios de propagación de semillas	57
Figura 32.	Trabajo de práctica, prueba de germinación en La Mesa, Cundinamarca	58
Figura 33.	Germinación de semillas de vainillo	60
Figura 34.	Etapas de del carbón activado a partir de ácido fosfórico	64
Figura 35.	Uso de la mufla para la activación	66
Figura 36.	Alistamiento de material impregnado con ácido fosfórico	67
Figura 37.	Inmersión del biochar en medios naturales	69

Figura 38.	Ensayo de adsorción azul de metileno	76
Figura 39.	Servicios que presta el carbón activado	77
Figura 40.	Experiencias prácticas de los ensayos realizados en el diplomado - Municipio de La Vega	79
Figura 41.	Experiencias prácticas de los ensayos realizados en el diplomado - Municipio de Guaduas	80
Figura 42.	Experiencias prácticas de los ensayos realizados en el diplomado - Municipio de El Peñón	81
Figura 43.	Estudiantes en clase de carbón activado y biochar - Municipio de Guaduas	89

Listado de tablas

Tabla 1.	Ecuaciones utilizadas para medir el rendimiento y las propiedades del biochar	51
Tabla 2.	Concentraciones para utilizar en los ensayos	56
Tabla 3.	Especificaciones de alistamiento del carbón activo	65
Tabla 4.	Carbono fijo según temperatura	71

Referencias bibliográficas

- Arévalo, A. (2023). Archivo fotográfico personal [Fotografías].
- FAO. (2020). Procesos de carbonización. <https://www.fao.org/3/X5328S/X5328S05.htm>
- García, D. (2023). Archivo fotográfico personal [Fotografías].
- González, H. E. y Teruya, R. (2004). Estudio preliminar de carbón activado; situación en el Perú. En H. E. González y R. Teruya, Estudio preliminar de carbón activado; situación en el Perú (p. 19). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ibarrola, R., Evar, B. y Reay, D. (2013). Comercialización de biochar en México. <https://es.scribd.com/doc/223953182/Comercializacion-de-Biochar-en-Mexico>
- Melo, J. (2023). Archivo fotográfico personal [Fotografías].
- Montesinos, C. S. (2018). Caracterización de carbón activado a partir de bambú “*guadua angustifolia kunth*” utilizando el método químico [Tesis de pregrado]. Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3340/sanchez-montesinos-christian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pita, D. (2023). Archivo fotográfico personal [Fotografías].

Silva, O. (2023). Archivo fotográfico personal [Fotografías].

Universidad de Sevilla. (2011). Manual de carbón activo. <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

Zheng, W., Holm, N. & Spokas, K. (2016). Agricultural and Environmental Applications of Biochar: Advances and Barriers. SSSA Special Publications.

Figura 43. Estudiantes en clase de carbón activado y biochar - Municipio de Guaduas



Fuente: Silva (2023).





Apreciado lector:

Este documento es el resultado del trabajo práctico realizado por la comunidad de productores, transformadores y comerciantes de la guadua participantes del proyecto CTel para la guadua en Cundinamarca, quienes adquirieron y compartieron conocimiento para la transformación sostenible en la elaboración de laminados y carbón activado.

En sus páginas encontrarás información valiosa y podrás conocer cómo elaborar estos productos. Además, podrás ver cómo la comunidad de guadueros del departamento aplicó diferentes estrategias para darle valor a la guadua de forma sostenible. Los invitamos a que consulten este material que les servirá de base para la elaboración de otros productos, y para que, desde la ciencia, la tecnología y la innovación, los bambusales y guaduales sean un promotor del desarrollo sostenible de los territorios.

ISBN: 978-958-763-682-6



9 789587 636826