

Boucherie modificado: Una alternativa para preservar bambú en la amazonía ecuatoriana

Modified Boucherie: An alternative to preserve bamboo in the Ecuadorian Amazon

Recibido: octubre 09 de 2023 | Revisado: noviembre 20 de 2023 | Aceptado: noviembre 28 de 2023

ANDREA SALOMÉ JARAMILLO BENAVIDES¹

JORGE BATRES²

FREDDY LLULLUNA³

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue diseñar y construir un dispositivo tipo Boucherie modificado, para la preservación de bambú, con características de transportabilidad y costo accesible que permita la transferencia tecnológica horizontal a comunidades de la región amazónica ecuatoriana. El diseño del prototipo virtual se realizó mediante una metodología prescriptiva, utilizando un software de modelado en 3D que luego facilitó la elaboración de la lista de materiales y herramientas necesarias para su ensamblaje; el prototipo se desarrolló con materiales disponibles en la zona; posteriormente se realizaron las pruebas de funcionamiento en diferentes culmos de bambú. Como resultado se obtuvo un dispositivo para preservado de bambú con el método de Boucherie modificado, que puede ser transportado con todos sus componentes, ser utilizado incluso cuando no se dispone de energía eléctrica y cuyo funcionamiento fue probado con culmos de bambú de las especies *Dendrocalamus asper* y *Guadua angustifolia Kunth*.

Palabras clave: Boucherie modificado; preservado de bambú; transferencia tecnológica horizontal; Amazonía ecuatoriana; transportabilidad

ABSTRACT

The goal this research was to design and build a modified Boucherie-type device for the preservation of bamboo, with characteristics of transportability and affordable cost that allows horizontal technological transfer to communities in the Ecuadorian Amazon region. The design of the virtual prototype was carried out through a prescriptive methodology, using 3D modeling software that then facilitated the preparation of the list of materials and tools necessary for its assembly; The prototype was developed with materials available in the area; Subsequently, performance tests were carried out on different bamboo culms. As a result, a device was obtained for preserving bamboo with the modified Boucherie method, which can be transported with all its components, be used even when electricity is not available and whose operation was tested with bamboo culms of the *Dendrocalamus asper* species. and *Guadua angustifolia Kunth*.

Keywords: Modified Boucherie; preserved bamboo; horizontal technology transfer; Ecuadorian Amazon; transportability

1 Pontificia Universidad Católica del Ecuador - sede Ibarra

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam

3 Universidad Amawtay Wasi

Autor de correspondencia:
asjaramillo@pucesi.edu.ec

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.04>

Introducción

En la Amazonía ecuatoriana existe un tipo de ecosistema denominado “bosque con bambú al Oeste de la Amazonía”, que se extiende desde las faldas del volcán Sumaco hacia la frontera con Perú (Añazco y Rojas, 2015). La principal especie endémica de bambú identificada en esta región es la *Guadua angustifolia*; sin embargo, existen otras especies nativas e introducidas que aún no han sido identificadas. Gracias a la presencia de bambú en la región amazónica, las comunidades están familiarizadas con su uso en la construcción y en la elaboración de algunos objetos, que, por lo general son efímeros debido a la baja durabilidad natural del material, más aún si se consideran las condiciones climáticas que caracterizan este entorno.

Entre los años 2019 a 2023, el proyecto ejecutado simultáneamente en Ecuador, Perú y Colombia por la Red Internacional del Bambú y Ratán (INBAR), conocido como “Bambuzonía”, impulsó el uso adecuado del bambú en la región en varias fases de la cadena productiva: desde el manejo de plantaciones hasta aplicaciones como artesanías, mobiliario y construcción (INBAR, 2023). En el marco de este proyecto y tomando en cuenta la situación descrita en el párrafo anterior, se desarrolló esta investigación, con dos propósitos, para promover el aprovechamiento sostenible del bambú y contribuir con el surgimiento y consolidación de emprendimientos e industrias locales que usan este material. El punto de partida fue la necesidad de preservar al bambú para prolongar su vida útil.

Existen varias formas de inmunizar al bambú frente al ataque de insectos

y microorganismos. En el litoral del Ecuador y en países como Colombia la más utilizada es la inmersión en piscinas de una solución de sales de boro. Para la ejecución de este método de preservación se necesita espacio para la implantación de la piscina y tanques para almacenar los residuos o gestionar adecuadamente su reutilización o descarte; esto hace que esta alternativa no sea viable en todos los contextos. En el caso de la región amazónica, que tiene un entorno extenso y vulnerable, es necesario pensar en alternativas que sean lo menos agresivas posible con el ambiente y que tengan el alcance suficiente para llegar a poblaciones que se encuentran dispersas en el territorio.

Es así que, para este proyecto se investigó la viabilidad de construir un equipamiento tipo Boucherie modificado, transportable, económicamente accesible, de fácil montaje y reparación, que permita tratar el bambú *in situ*, en cada lugar donde se requiera utilizarlo, para fines como la construcción, fabricación de muebles, entre otros. Estas características son fundamentales para cumplir con el objetivo de facilitar la transferencia tecnológica horizontal, que parte de identificar problemas o necesidades concretas en un lugar determinado, sigue con proponer soluciones tecnológicas viables y contextualizadas, para finalizar en una devolución que incluye la generación de capacidades para garantizar la sostenibilidad futura de lo transferido.

El prototipo fue fabricado con el apoyo financiero de INBAR, con fondos de la Agencia de Cooperación Española (AECID), mientras que el ingreso de la solicitud de patente de invención del dispositivo se hizo el 22 de setiembre del año 2021, en el Servicio Nacional

de Derechos Intelectuales del Ecuador (SENADI), con el apoyo financiero de la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia (CEDIA), a través de la Convocatoria del Fondo Registra 2020.

Bambú en la Amazonía ecuatoriana y su uso adecuado

Según Añazco y Rojas (2015), a pesar que no existen datos precisos sobre áreas cubiertas con bambú, en base a fotografías satelitales se calculó que, en el sur occidente de la Amazonía, entre el Estado brasileño de Acre, Madre de Dios en Perú y Pando en Bolivia, existe un área cubierta por

manchas de bambú de aproximadamente 180 000 Km cuadrados. Específicamente en el caso de Ecuador, Cleofe y Clark (1982) indicaron que el 74% de los bambúes leñosos se encontraba en la cordillera oriental del país. En la Amazonia ecuatoriana conviven manchas naturales de bambúes leñosos y herbáceos nativos como la Guadúa, pero también especies exóticas que a lo largo de los años han sido cultivados a pequeña escala. Londoño (2021) realizó la identificación de las principales especies presentes en las provincias de Napo, Pastaza y Morona Santiago, indicó además los usos actuales y los usos potenciales de cada una, Tabla 1.

Tabla 1
Especies de bambú en Napo, Pastaza y Morona Santiago

BAMBÚES NATIVOS				
Nombre común - diámetro de culmo	Categoría	Nombre científico	Uso actual y ancestral	Uso potencial
No registra - 0.5 a 1 cm -	leñoso	<i>Chusquea serpens</i> L.G. Clark	No se conoce	Artesanías y muebles
No registra - ≤ 1 mm -	herbáceo	<i>Cryptochloa unispiculata</i> Soderstr	Curanderos waorani usan follaje para curaciones	Ornamental y conservación de suelos
Caña Guadúa, Huamag o Wamag (Kichwa) - 10 a 14 cm -	leñoso	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth y <i>Guadua aff. angustifolia</i> Kunth #1 y #2	Construcción, muebles, artesanías, utilitarios, alimentación	Laminados, fibras, agroturismo, carbón
Oña (Waorani); Nimoña (Waorani) - 4 a 6 cm -	leñoso	<i>Guadua weberbaueri</i> Pilger	Puntas de flechas, recipiente para transporte de flechas, latillas como bistrú para cortar el cordón umbilical en partos	Cestería, fibras, alimentación, muebles, artesanías, construcción de paredes
Surupanga macho (quechua); Ñemegö (Waorani) - ≤ 3 mm -	herbáceo	<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Follaje – usado por shamanes. Uso de flores para actividades de crianza de niños	Adornos foliares, planta ornamental
BAMBÚES EXÓTICOS				
Nombre común - diámetro de culmo	Categoría	Nombre científico	Uso actual / ancestral	Uso potencial
Bambú malayo - 6 a 9 cm -	Leñoso exótico	<i>Bambusa eutuldoides</i> Mc Clure	En Asia usado en muebles, artesanías, implementos agrícolas, herramientas, construcción.	Tableros con latillas, ornamental, varas de cosecha.

Bambú amarillo - 4 a 10 cm -	Leñoso exótico	<i>Bambusa vulgaris var. vittata</i> Rivière & C. Rivière	Partes de botes, cercas, tutores, puntales y paredes de bahareque (medios culmos), pulpa de papel, follaje para alimento animal, diversos usos medicinales.	Tableros aglomerados, las hojas caulinares pueden servir para platos biodegradables y utensilios.
Bambú gigante - 8 a 20 cm -	Leñoso exótico	<i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. f.) Backer	Construcción, recipientes, comestibles	Tableros laminados o enchapados, construcción, muebles, pellets, fibras, derivados alimenticios
Guaduilla (Colombia y Ecuador), Bambucillo (Perú) - 2 a 6 cm -	Leñoso exótico	<i>Phyllostachys aurea</i> (André) Rivière & C. Rivière	Varas de pescar, bastones, estructuras livianas, artesanías, muebles, papel, alimentación, planta ornamental, reforestación, contención de taludes	Brotos comestibles, cestería, muebles, artesanías

Nota. Londoño (2021)

Se considera uso adecuado o sostenible del bambú cuando se aprovecha al máximo sus propiedades físicas y mecánicas. La aplicación propuesta es coherente con los aspectos culturales de la población y se busca el menor impacto ambiental. En el caso del uso del bambú en la construcción, la normativa ecuatoriana NEC-guadua (2016) recomienda que siempre debe ser inmunizado para prolongar su vida útil. En la tabla anterior se resaltaron en color las dos especies de bambú cuyos culmos son usados comúnmente en Ecuador en la construcción de estructuras y con las que se probó el dispositivo que es objeto de esta investigación: *G. angustifolia* Kunth y *D. asper*.

Inmunización del bambú por el método de Boucherie modificado

El método de Boucherie modificado es utilizado para inyectar a presión preservantes hidrosolubles en los culmos frescos de bambú para desplazar y sustituir la savia contenida en sus canales vasculares. Es un procedimiento que fue adaptado del método que ya existía anteriormente para preservar troncos de madera usando

gravedad. Para ejecutar el procedimiento de aplicación del líquido preservante es necesario recostar los culmos de bambú con la punta inclinada hacia abajo, en las bases se conectan las boquillas por las que llega el líquido que es empujado a presión, generalmente por medio de un compresor. Liese y Tang (2015) afirman que es un método seguro y amigable con el ambiente porque el líquido preservante permanece completamente dentro del culmo, que garantiza una buena impregnación y es económico. Otra ventaja es que los culmos que son inmunizados por medio de Boucherie modificado pueden tener cualquier largo.

Hidalgo (2003) mencionó que se puede adaptar el dispositivo Boucherie de tres formas para inyectar el preservante: 1) por presión hidrostática, 2) utilizando una bomba manual de aire, 3) usando un compresor. Una particularidad es que este método de inmunización debe ser utilizado en culmos recién cortados, Beraldo (2012b) indica que entre el corte y el proceso de preservación deben haber transcurrido máximo 48 horas para garantizar su efectividad.

En Ecuador no hay registros de investigaciones similares a la que se propone en este estudio, pero Montoya (2005) en Colombia y Beraldo (2012a) en Brasil realizaron investigaciones aplicadas sobre este tipo de dispositivos, sin embargo, estas no consideran factores como la fácil transportabilidad o reparación, necesarios para procesos de transferencia tecnológica, especialmente en el contexto amazónico.

Transferencia tecnológica horizontal

La transferencia tecnológica se refiere a transmitir conocimientos sistemáticamente, ya sea para elaborar un producto, aplicar un proceso o prestar un servicio (Pedraza Amador y Velásquez Castro, 2013). Según explican Ramakrishna y Palma (1988) a mediados del siglo XX, luego de las críticas a las consecuencias negativas de la transferencia de tecnología agrícola de países desarrollados a los que estaban en vía de desarrollo, se planteó la necesidad de que la tecnología debería ser generada y probada en condiciones locales donde serían utilizadas; esto garantizaría adaptación tanto a las condiciones ambientales, económicas y sociales.

Por definición, la transferencia tecnológica horizontal es aquella que se origina en un lugar específico, inspirada en los problemas de la localidad, en los intereses y necesidades de su población, así como en sus ideas de cómo resolver sus problemas y satisfacer sus necesidades. Da Silva y Mourão (2019) explican que en la transferencia tecnológica horizontal la tecnología de producción es establecida dentro del mismo sistema que el producto. La importancia social de la transferencia tecnológica horizontal es hacer accesible los avances tecnológicos a todos los

sectores de la sociedad y es posible cuando los investigadores ponen su atención en los problemas de la población que tradicionalmente ha sido excluida de los avances científicos y tecnológicos, es decir, cuando ocurre un diálogo efectivo de la ciencia con estos problemas concretos.

En el caso de esta investigación, se plantea que la solución tecnológica del dispositivo Boucherie sirva de apoyo para las comunidades que tienen bambú en su territorio y buscan tecnología accesible para su aprovechamiento adecuado.

Método

Luego de la revisión bibliográfica y en base a los objetivos de la investigación se plantearon las premisas que fueron la base para el diseño del prototipo del Boucherie modificado:

1. Que sea transportable para usar in situ y llevarlo a lugares con dificultades de acceso, pero con bambúes disponibles
2. Construido con materiales que puedan ser adquiridos con facilidad en cualquier lugar
3. De montaje y reparación intuitiva
4. Adaptable a diferentes diámetros de bambú
5. Posibilidad de usar con o sin energía eléctrica; con compresor de aire en el primer caso y bomba manual en el segundo.

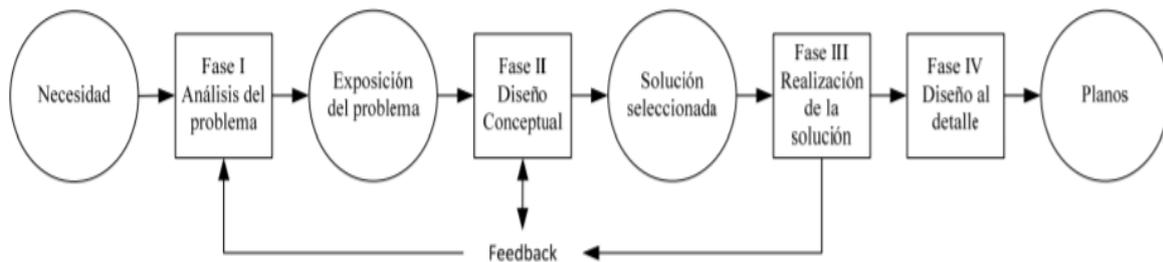
Para el proceso de diseño del prototipo se utilizó una metodología prescriptiva que sigue un patrón sistemático y secuencial de actividades. Dentro de esta metodología se utilizó el modelo de fases para estructurar el proceso de diseño por etapas, luego el prototipo conceptual y finalmente su construcción.

Como se muestra en la Figura 1, el diseño del prototipo se dividió en cuatro etapas: análisis del problema, diseño

conceptual, diseño de materialización y diseño de detalle (French, 1971).

Figura 1

Etapas de diseño del prototipo



En todo el proceso se utilizó software especializado de modelado 3D para la obtención un prototipo virtual que contenga todos requerimientos solicitados (*SolidWorks 2020*, Modelado 3D y NX12 para simulación). Una vez validado y aprobado el prototipo virtual se procedió al diseño de detalle para obtener planos constructivos, planos de ensamblaje, lista de materiales, equipos y herramientas necesarias, entre otros detalles, que fueron la base para el proceso de construcción del prototipo funcional.

La construcción del prototipo se realizó en la ciudad de Tena. Durante esta fase fueron realizados algunos ajustes en el diseño, que correspondían a adaptaciones de algunas piezas como los conectores de bambú. En esta fase se entrevistó a dos expertos que ya habían trabajado con el método de Boucherie, quienes aportaron con algunas ideas para optimizar el dispositivo.

Con el prototipo ya construido se realizaron pruebas de campo, para regular

las variables principales y garantizar que el dispositivo funcionara de manera óptima. Una de estas pruebas fue realizada en la propiedad de una artesana que tiene bambú disponible en su terreno y que trabaja con este material, se mostró el funcionamiento y se recogieron sus opiniones sobre la utilidad potencial del dispositivo en su negocio.

Para facilitar la transferencia tecnológica se realizó un manual de ensamblaje, uso, operación y mantenimiento que apoyará la futura divulgación del uso del dispositivo entre los usuarios potenciales de comunidades rurales.

Resultados y Discusión

El modelado en 3D facilitó la obtención de la lista de materiales y presupuesto para la construcción del prototipo. La Figura 2 muestra los primeros modelos del prototipo accionado por una bomba manual, una estructura metálica que lo sostiene y permite su transporte.

Figura 2

Modelados iniciales del prototipo accionado por bomba manual



En la Tabla 2 se detalla la lista de materiales y presupuesto para la elaboración de un prototipo, en Ecuador con valores en dólares, correspondientes al año 2021. No se considera en el

presupuesto las herramientas necesarias para el montaje y mantenimientos. Se prevé que al fabricar dispositivos en serie el valor podría disminuir.

Tabla 2

Presupuesto de dispositivo portátil Brocherie modificado

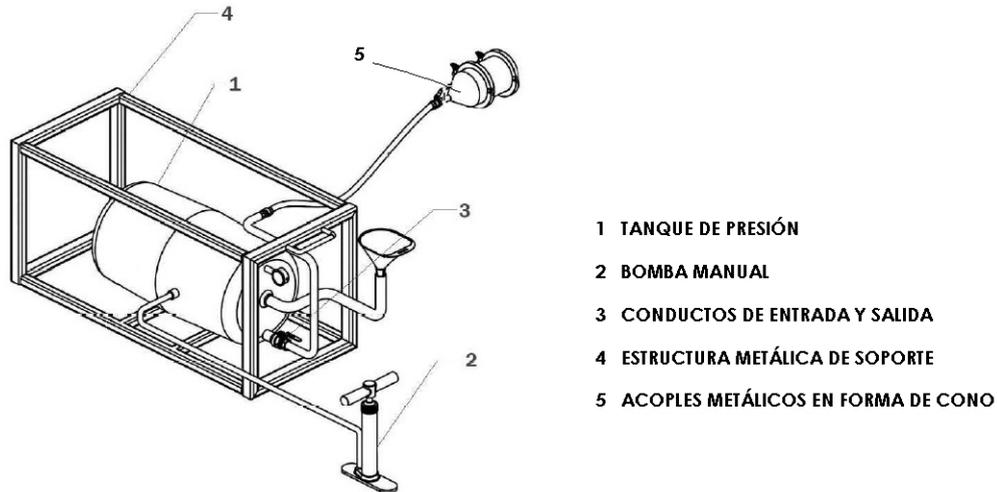
Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Manguera de presión para aire; de nylon, de ¼" (15 metros)	1	\$8.88	\$8.88
2	Acoples rápidos de presión hembra, de ¼"	14	\$0.87	\$12.18
3	Acoples rápidos de presión macho, de ¼"	14	\$4.89	\$68.46
4	Válvula de esfera de ½"; más conexiones roscables hembra y macho	6	\$5.01	\$30.06
5	Válvula de seguridad, de ¾"	1	\$21.67	\$21.67
6	Tee roscable plastigama, de ½"	6	\$0.59	\$3.54
7	Neplo roscable plastigama, de ½"	16	\$0.41	\$6.56
8	Codo roscable HH 90 grados, de ½"	4	\$0.45	\$1.80
9	Abrazadera Inox 6-16x8mm	14	\$0.46	\$6.44
10	Abrazadera Inox 118-40mm	6	\$1.14	\$6.84
11	Tanque de presión 20 gal. Well tank; D máx: 550mm	1	\$55.73	\$55.73
12	Permatex 1B. 3OZ	1	\$3.85	\$3.85
13	Rueda neumática de 8"	2	\$30.00	\$60.00
14	Manómetro de 200 PSI estándar	1	\$3.85	\$3.85
15	Cinta teflón ¾" x 0.2 x 15m estándar	2	\$0.80	\$1.60
16	Bomba manual de aire; varios acoples	1	\$13.55	\$13.55
17	Válvula de anti - retorno de aire, de ¾"	1	\$10.00	\$10.00
18	Sello de neopreno 4" (1m); cortado en 5 pedazos de 20cm	1	\$65.00	\$65.00
19	Boquillas metálicas de ½" a 4"	5	\$22.50	\$112.50
20	Estructura soporte del dispositivo	1	\$250.00	\$250.00
			Sub Total	\$742.51
			IVA (12%)	\$89.10
			TOTAL	\$831.61

Prototipo construido

El dispositivo para preservación de bambú fue construido en la ciudad de

Tena, los componentes principales para el funcionamiento están numerados en la Figura 3 y detallados a continuación:

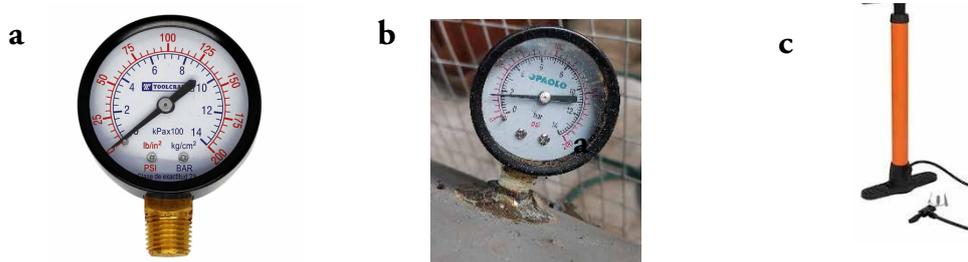
Figura 3
Componentes del dispositivo



1. El **tanque de presión** con capacidad de 20 galones, soldado a un manómetro de 200 libras por pulgada cuadrada (PSI por sus siglas en inglés); el tanque es el lugar donde se coloca la solución

preservante hasta la mitad y el resto se llena con aire que ingresa por una manguera conectada en un extremo al tanque y en otro a una bomba manual o a un compresor, Figura 4.

Figura 4
(a) manómetro; (b) soldadura del manómetro al tanque; (c) bomba manual de aire



2. La **bomba manual** es de las que comúnmente se utilizan para inflar neumáticos de bicicleta. Es económica y fácil de conseguir, con un ajuste en el conector que facilita su acoplamiento a la manguera que conduce el aire al tanque. Sirve para bombear el aire de manera

manual al interior del tanque hasta alcanzar la presión necesaria para realizar el procedimiento de inmunización de bambú: permite al usuario usar el dispositivo en lugares donde no se cuenta con servicio de energía eléctrica para utilizar compresor de aire.

3. Los **conductos de entrada y salida de distribución de fluido**: la entrada principal se conecta por el un extremo al tanque y por el otro al manifold (tubería de distribución de una a varias mangueras), que a su vez se conecta a varios conductos cuya salida lleva a las

boquillas que son conectadas las bases de los culmos de bambú. Cada una de las mangueras se une al manifold por medio de conectores de presión a los que están aseguradas con abrazaderas metálicas, Figura 5.

Figura 5

Manifold (tubería de distribución de una a varias mangueras)



4. La **estructura metálica de soporte**, que sustenta al tanque y permite el almacenamiento de todos los componentes del dispositivo en su

interior, se fabricó en un taller de suelda, con ruedas y manijas que facilitan su agarre y transporte, Figura 6.

Figura 6

Estructura metálica de soporte para almacenamiento y transporte



5. Los **acoples metálicos en forma de cono** para conectar las mangueras al bambú también se fabricaron en el

taller de suelda; se pueden fabricar con diferentes diámetros, dependiendo de la especie de bambú que se vaya

a inmunizar. En el caso de esta investigación, se usó un diámetro de 10 cm. En el vértice o punta el cono

tiene una rosca para asegurar la válvula de paso que a su vez se une al acople de presión. Figura 7.

Figura 7

Acople metálico en forma de cono, conectado a la válvula de paso y acople de presión



Los culmos de bambú van dentro de la parte más ancha del acople metálico, para asegurar su estanqueidad se coloca un pedazo de tubo de neopreno y pedazos

de caucho reciclado proveniente de tubos de neumáticos; en el extremo que se une a la base del bambú, se aseguran con abrazaderas metálicas. Figura 8.

Figura 8

Conexión entre el cono metálico y el bambú con ayuda de caucho y abrazaderas



También se puede observar en la Figura 8 que se soldó en la superficie lateral del acople metálico una válvula presta para permitir la salida de aire residual que es empujado por los conductos antes del líquido preservante al accionar el

dispositivo. Este paso es importante para que los vasos conductores de líquidos dentro de la pared del culmo de bambú se mantengan saturados de preservante y sin burbujas de aire en todo momento.

Para ensamblar el dispositivo, las herramientas utilizadas fueron: destornillador en cruz, llave tipo racha con dados de 13 y de 10 mm, un estilete (que puede ser sustituido por una navaja o cuchilla) y un playo. Una vez ensamblado el dispositivo puede montarse y desmontarse sin necesidad de herramientas adicionales, gracias a los acoples rápidos macho y hembra utilizados para en las conexiones.

El detalle del montaje del dispositivo paso a paso puede ser consultado en el manual ilustrado de ensamblaje, operación y mantenimiento (Jaramillo et al., 2022), que puede ser solicitado a los autores a través de correo electrónico previo a su publicación de acceso abierto.

Pruebas de funcionamiento, ajustes al prototipo y particularidades del procedimiento

Una vez que el dispositivo estuvo ensamblado se realizaron las pruebas de verificación de seguridad, al inicio únicamente con aire y sin líquido

preservante; estas pruebas consistían en comprobar que cada uno de los componentes estuviera en su lugar y bien asegurado, confirmar que no hubiera fugas en el sistema. El tanque fue llenado con aire proveniente de la bomba manual y luego con aire del compresor, ajustando la presión a 25 PSI y luego liberando las válvulas para permitir su paso hasta los acoples metálicos en forma de cono.

Cuando se identificaban fugas de aire, se ajustan las conexiones o sellaban las piezas, ya sea colocando teflón en las uniones roscadas, apretando los tornillos y acoples rápidos o corrigiendo la suelta. Una vez que todo estuvo listo, se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento con líquido preservante.

La solución preservante utilizada para las pruebas de funcionamiento fue con sales de boro disueltas en agua al 4%, a una temperatura superior a 70 °C. Esta solución era colocada dentro del tanque hasta llegar a la mitad de su capacidad, con la ayuda de un embudo. Luego se aseguraba la tapa del tanque, Figura 9.

Figura 9

Introducción del líquido preservante al tanque con ayuda de un embudo



El siguiente paso fue colocar el tanque en su posición y conectar por un lado la manguera flexible para la carga de aire y por el otro las mangueras que conducen el preservante hacia el manifold. Se procedía a verificar que todas las válvulas de salida estuvieran cerradas y se realizaba la carga de aire hasta que el manómetro marcaba 25 PSI, ya sea por medio de la bomba manual o por medio del compresor de aire; el procedimiento con bomba manual duraba un promedio de 15 minutos y con el compresor de aire cerca de cuatro minutos.

Los acoples metálicos en forma de cono estaban embonados a las bases de los culmos de bambú con la ayuda de cilindros de neopreno y anillos de tubo de neumáticos, ambos asegurados con abrazaderas metálicas. Este fue uno de los pasos que presentó más dificultades y necesitó ajustes a lo largo de las pruebas iniciales, principalmente porque los diámetros de los bambús varían y el diámetro de los cilindros de neopreno permitía ajustes entre los 10cm y 11cm.

Luego de colocar los bambúes inclinados con las bases que están conectadas al dispositivo hacia arriba y en el otro extremo un recipiente para coleccionar el líquido, se procedía a iniciar la inyección del preservante. Se abría primero la válvula de salida del tanque y posteriormente una a una las válvulas de las boquillas. En cada boquilla se activó las válvulas laterales de fuga de aire residual, hasta que comenzaba a salir líquido y luego se cerraban para dejar que el líquido ingresara al bambú.

En menos de un minuto la presión inyectada provocaba que salieran los

líquidos contenidos en el culmo de bambú por el extremo opuesto, y hasta dos minutos para que comenzara a salir el líquido preservante; para establecer estos tiempos se colocó colorantes y esencias aromáticas en la solución preservante.

Los culmos utilizados para las pruebas de funcionamiento fueron de las especies *G. angustifolia* y *D. asper*. Se observó que con la segunda el líquido atravesaba el culmo con mayor rapidez y facilidad, incluso usando culmos cortados más de 48 horas antes de las pruebas de inmunización; mientras que con la *G. angustifolia* el líquido no pasó a través del bambú ni siquiera en varas cortados 24 horas antes, con esta especie solo funcionó cuando se preservaban inmediatamente después del corte.

El tiempo de inmunización depende del largo del bambú. En el caso de las pruebas de funcionamiento fue de tres horas aproximadamente, en varas hasta de seis metros de *D. asper* y de cuatro metros de *G. angustifolia*. Durante este tiempo el líquido procedente de los culmos era recogido en un recipiente que permitía establecer el momento en el cual comenzaba a fluir el líquido preservante y definir que este ya estaba contenido en la vara inmunizada. Sin embargo, al no ser objeto de esta investigación, no se verificó la impregnación del preservante en el culmo al finalizar este tiempo.

Finalmente, luego de culminar el proceso de inmunización se procedía a lavar todos los componentes del dispositivo y secarlos al ambiente, para posteriormente almacenarlos dentro de la estructura metálica del dispositivo, (Figura 10)

Figura 10

Almacenamiento del dispositivo



Dadas las condiciones ambientales de la región amazónica, es muy probable que los componentes metálicos del dispositivo sean propensos a la oxidación y corrosión prematura, sobre todo porque estarán expuestos al agua, aire y sol; en este sentido es necesario que, como una medida de mantenimiento, se los limpie periódicamente con lubricante con propiedades anticorrosivas.

Conclusiones y Recomendaciones

Sobre la accesibilidad de los materiales de fabricación y transportabilidad

El dispositivo Boucherie modificado fue diseñado y construido con insumos disponibles en la ciudad de Tena, se puede operar sin electricidad y además es fácil de fabricar, montar, transportar, reparar y mantener; características que posibilitan que sea utilizado en comunidades con dificultades de acceso, en los sitios específicos en donde se dispone de bambú o el lugar en donde las varas serán usadas.

Características del dispositivo Boucherie modificado

- Requiere de un espacio de 1 m x 80 cm para su almacenamiento y un espacio similar para ser operado.
- Reduce la cantidad de líquido preservante necesario y el desperdicio de éste, en comparación al método de inmersión en piscinas; lo cual significa también una reducción de costos en la compra de inmunizantes.
- Una vez montado, se ensambla sin necesidad de herramientas gracias a su sistema de acoples rápidos; igualmente puede ser desensamblado de manera intuitiva y rápida para su almacenamiento.
- Permite preservar culmos de diferentes largos, por arriba de seis metros, que es el estándar de distribución en los sistemas de inmersión.

Sobre la viabilidad del uso del dispositivo para inmunizado de bambú

Con base a lo observado en las pruebas sobre el montaje y operación

del dispositivo, se concluye que su uso puede ser una opción para los casos en que se necesite poca cantidad de bambú inmunizado, por ejemplo, para construcción de estructuras pequeñas *in situ*, así como elaboración de muebles y artesanías. Esto hace que sea una opción para las personas y comunidades amazónicas que tienen pequeños emprendimientos o usuarios con interés de alquilarlo para una obra específica.

Sobre la transferencia tecnológica horizontal

Sobre el funcionamiento del dispositivo Boucherie, se encontró algunas referencias bibliográficas. Sin embargo, ninguna de ellas detallaba las particularidades del uso del dispositivo, es decir, no se llegaba a transmitir el conocimiento sobre el mismo. Durante el desarrollo de esta investigación, en la fase de pruebas de funcionamiento, se fueron identificando y realizando ajustes al dispositivo a medida que iban surgiendo dificultades como: el correcto ajuste de las boquillas a los

culmos, la presión adecuada, la necesidad de una válvula adicional de escape de aire en las boquillas y el tiempo de corte del bambú previo a la inmunización. La necesidad de estos ajustes fue identificada también a través de dos entrevistas realizadas a expertos que han realizado investigaciones y pruebas similares.

Una vez se cuente con el manual de ensamblaje, operación y mantenimiento publicado, y la solicitud de patente aceptada, se estaría en condiciones de realizar la última fase de la transferencia tecnológica horizontal, consistente en hacer pruebas demostrativas en comunidades y con usuarios potenciales, para capacitar, generar capacidades y motivar su uso.

En futuras fases, se sugiere desarrollar y probar la efectividad e impregnación de preservantes naturales aplicados a culmos de bambú de varias especies por medio de este dispositivo, así como su impacto ambiental.

Agradecimientos

A la Red Internacional del Bambú y el Ratón - INBAR por el financiamiento para la construcción del dispositivo y el apoyo para la realización de la prueba de funcionamiento en campo.

A la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia - CEDIA por el financiamiento y asesoría para el proceso de registro de patente por medio del “Fondo Registra”.

Referencias

- Añazco, M., & Rojas, S. (2015). *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie Guadua angustifolia*. (1.a ed.). INBAR.
- Beraldo, A. L. (a). *Dispositivo para tratamiento de colmos de bambu sob pressão*. Patente. INPI, MU 83004548. 2012. <https://core.ac.uk/download/pdf/296752254.pdf>
- Beraldo, A. L. (b). *Patente sobre dispositivo para tratamiento de colmos de bambu sob pressão*. <http://apuama.org/patente-sobre-equipamento-para-tratamiento-de-colmos-de-bambu-sob-pressao/>
- Da Silva, L. C. F. y Mourão, P. R. (2019). Technology Transfer by Transnational Corporations: A Discussion of the Importance of Cooperative Arrangements in Foreign Direct Investment, *Electr. Eng.*, vol. 505, pp. 933-938.
- French, M.J. (1971). *Engineering design. The conceptual stage*. Editorial, Heinemann Educational, Pág. 158.
- Hidalgo López (2003) *Bamboo: the gift of the goods*. Oscar Hidalgo López – editor.
- Jaramillo, A.; Batres, J.; Llulluna, F. (2022). *Manual de ensamblaje, operación y mantenimiento del dispositivo Boucherie modificado*. INBAR-Ikiam (En proceso de revisión).
- Llulluna, F.; Batres, J.; Jaramillo, A. (2021). *Solicitud de patente de invención de dispositivo para preservación de culmos de bambú SENADI-2021-69068*. Gaceta 105 de Propiedad Intelectual, SENADI; junio-diciembre (Pág.339)
- Liese, W. y Tang, T.K. H. (2015). Properties of the Bamboo Culm, Preservation and Drying of Bamboo. En W. Liese y M. Kohln (Ed.) *Bamboo: The Plant and its Uses*. (pp. 227-297). Springer.
- Londoño, X. (2021). *Diversidad de bambúes en las provincias amazónicas de Napo, Pastaza y Morona Santiago - Ecuador: Guía Técnica*. <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2022/03/Guia-Especies-de-Bambu-Amazonia-Ecuador.pdf> Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). 2012. *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf
- Montoya, J.A. (2005). Sap displacement method - método de desplazamiento de savia (método boucherie) para la preservación de la guadua angustifolia Kunth. *Scientia Et Technica*, XI (28),211-216. <https://www.researchgate.net>

net/publication/41805040_
SAP_DISPLACEMENT_
METHOD_-_METODO_
DE_DESPLAZAMIENTO_
DE_SAVIA_METODO_
BOUCHERIE_PARA_LA_
PRESERVACION_DE_LA_
GUADUA_angustifolia_Kunth

Pedraza Amador, E. M. y Velázquez Castro, J. A. (2013). «Office of Technology Transfer at the University as a strategy to promote innovation and competitiveness.

Case: Hidalgo State, México», J. Technol. Manag. Innov.

Ramakrishna, B.; Palma, V. (1988). *La Transferencia de Tecnología Horizontal en el Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para la Subregión Andina: Avances y Perspectivas Metodológicas*. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/11505/BVE20088146e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>