



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL**

**TÍTULO:**

**“ANÁLISIS DE LA PENETRACIÓN DE LAS SALES MINERALES DE BÓRAX Y  
ÁCIDO BÓRICO EN LA CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH, POR EL  
MÉTODO DE INMERSIÓN Y SU INFLUENCIA A LA RESISTENCIA”**

**AUTORES:**

**MERO PONCE MAYRA ELIZABETH**

**PARRAGA ANCHUNDIA YORDI ARIEL**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. DARÍO PÁEZ CORNEJO. MSC**

**MANTA, ENERO DEL 2020**

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “**Análisis de la penetración de las sales minerales de bórax y ácido bórico en la caña Guadua angustifolia Kunth, por el método de inmersión y su influencia a la resistencia**”, el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado, corresponde a los señores **Mero Ponce Mayra Elizabeth y Parraga Anchundia Yordi Ariel** estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2019 – 2020, quienes se encuentran apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, Enero del 2020

Lo certifico,

Ing. Darío Páez Cornejo. Msc  
Docente Tutor

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Se declara que el siguiente trabajo de titulación de modalidad “Proyecto de Investigación” se desarrolló con base al **“Análisis de la penetración de las sales minerales de bórax y ácido bórico en la caña Guadua angustifolia Kunth, por el método de inmersión y su influencia a la resistencia”**, siendo de nuestra autoría. Las definiciones y concepciones tomadas de los diferentes autores se encuentran correctamente citadas, respetando los derechos de propiedad intelectual con las respectivas citas que están incluidas en la bibliografía.

El análisis de los resultados, y conclusiones y recomendaciones que se narran son responsabilidad de los autores.

Por consiguiente, los autores son responsables por el contenido, fiabilidad y alcance científico del proyecto de grado que se menciona.

Manta, Enero del 2020

---

Mero Ponce Mayra Elizabeth  
C.I.:092869047-8

---

Parraga Anchundia Yordi Ariel  
C.I.:131355009-5

# APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

## TÍTULO

“ANÁLISIS DE LA PENETRACIÓN DE LAS SALES MINERALES DE BÓRAX Y  
ÁCIDO BÓRICO EN LA CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH, POR EL  
MÉTODO DE INMERSIÓN Y SU INFLUENCIA A LA RESISTENCIA”

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Sometida a consideración del tribunal de revisión y sustentación como requisito a la  
obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

---

Ing. Alexi Morán Guzmán  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

Ing. Jorge García Argandoña  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

Ing. Darío Páez Cornejo  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## **DEDICATORIA**

A Dios, por bendecirnos día a día e iluminarlos con su sabiduría para terminar con éxito este trabajo.

A nuestras familias por proporcionarnos todo su apoyo necesario para culminar con nuestros estudio de tercer nivel.

A la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, que nos dio la oportunidad de realizar nuestros estudios de tercer nivel y a los profesores, por su excelente formación académica.

***Yordi y Mayra***

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida, por su infinito amor y misericordia.

A nuestros padres por ser ejemplo de superación, responsabilidad y sacrificio, el cual nos motivó para formarnos profesionalmente.

Al señor Milton Cedeño por su apoyo absoluto y solidario en nuestro trabajo.

A nuestro tutor Ingeniero Darío Páez Cornejo por su constante apoyo y dedicación, en la ejecución de este trabajo.

***Yordi y Mayra***

## RESUMEN

La caña Guadua angustifolia Kunth (Gak) preservada a medida que pasa el tiempo va teniendo un realce en el campo de las construcciones, debido a que brinda una mayor seguridad y durabilidad, por tal razón la presente investigación realizó el preservado de la caña guadua por el método de Inmersión tanto en verdes como secas, se tomó en cuenta la normativa NEC SE-GUADUA (Norma Ecuatoriana de la Construcción). En esta investigación se consideró el Cantón 24 de Mayo sector el Pueblito de donde se tomaron muestras por cada parte de la caña guadua (Inferior, Media) y se realizó los cortes en zona húmeda, así mismo se consideró la normativa NTC 5525 (Normativa Técnica Colombiana) que nos hace referencia a la propiedad mecánica (compresión) de la caña guadua. Los resultados obtenidos en los ensayos realizados nos permiten analizar y hacer comparaciones de resistencias y penetración de bórax y ácido bórico a través de la aplicación de cúrcuma, que servirán como base para los centros dónde preservan la caña guadua, de igual manera servirá para futuras investigaciones.

**Palabras claves:** Guadua Angustifolia Kunth, mecánica, penetración, ensayos.

## ABSTRACT

The *angustifolia* Kunth (Gak) Guadua cane preserved as time goes on has an enhancement in the field of constructions, because it provides greater safety and durability, for this reason the present research is carrying out the preservation of the reed guadua by the method of immersion in both greens and dryers, the NEC SE-GUADUA (Ecuadorian Construction Standard) standard was taken into account. In this research was considered the Canton 24 de Mayo sector the Pueblito from which samples were taken for each part of the guadua cane (Lower, Medium) and the cuts were made in wet zone, as well as the ntc 5525 (Colombian Technical Regulations) that did not s refers to the mechanical property (compression) of the guadua cane. The results obtained in the tests carried out allow us to analyze and make comparisons of resistances and penetration of borax and boric acid through the application of turmeric, which will serve as the basis for the centers where they preserve the guadua cane, just as way will serve for future research.

**Keywords:** Guadua *angustifolia* Kunth, mechanical, penetration, essays.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN .....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT .....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
HIPÓTESIS .....	4
1.    CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE .....	5
1.1.    Antecedentes de la investigación.....	6
1.2.    Historia en el Ecuador.....	9
1.3.    Definición de Guadua angustifolia Kunth .....	14
1.4.    Morfología de la Guadua angustifolia Kunth .....	15
1.5.    Características de la Guadua angustifolia Kunth .....	17

1.6.	Beneficios ecológicos.....	17
1.7.	Tipos de Guadua angustifolia Kunth .....	18
1.7.1.	Caña brava.....	18
1.7.2.	Caña mansa .....	18
1.8.	Corte de la Guadua angustifolia Kunth.....	19
1.9.	Secado de la Guadua angustifolia Kunth .....	20
1.10.	Preservación de Guadua angustifolia Kunth .....	21
1.11.	Métodos de preservado .....	22
1.11.1.	Preservación por avinagrado .....	22
1.11.2.	Preservación por inmersión.....	23
1.11.3.	Preservación por presión (Boucherie).....	23
1.11.4.	Preservación por difusión vertical.....	24
1.11.5.	Preservación por calor o calentamiento .....	24
1.11.6.	Preservación por humo (ahumado) .....	25
1.12.	Beneficios de la Gak en la construcción .....	25
1.13.	Durabilidad de la Guadua angustifolia Kunth.....	27
1.14.	Colorantes naturales .....	27
1.15.	Colorante natural de cúrcuma .....	27
1.15.1.	Penetración del preservante.....	28
1.15.2.	Propiedades de la cúrcuma.....	28
1.16.	Concepto de bórax.....	29

1.16.1 Usos del bórax.....	29
1.17. Concepto de ácido bórico.....	30
1.17.1. Usos del ácido bórico.....	31
1.18. Propiedades mecánicas de la GaK.....	31
1.18.1. Compresión.....	32
1.18.2. Tensión.....	32
1.18.3. Flexión.....	32
1.18.4. Cortante.....	33
2. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
2.1. Metodología de la investigación.....	35
2.2. Muestras de los materiales.....	35
2.3. Normativa.....	36
2.4. Ensayos de muestras.....	36
2.5. Preservado por el método de inmersión (agua fría).....	38
2.5.1. Equipo.....	39
2.5.2. Procedimiento.....	40
2.6. Preservado por el método de inmersión (agua caliente).....	40
2.6.1. Equipo.....	41
2.6.2. Procedimiento.....	42
2.7. Penetración.....	42
2.8. Compresión.....	44

2.8.1. Equipo .....	44
2.8.2. Procedimientos.....	45
2.8.3 Ecuación.....	45
3.    CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	46
3.1. Resultados de los ensayos .....	47
3.2.    Extracción de muestras .....	47
3.3. Penetración de cúrcuma en la caña guadua con agua fría.....	50
3.3.1. Caña verde.....	50
3.3.2. Caña seca.....	51
3.4.    Penetración de cúrcuma en la caña guadua con agua caliente.....	53
3.5. Compresión .....	54
3.6.    Análisis de los resultados.....	59
3.6.1. Comparación de la penetración de la cúrcuma (agua fría).....	59
3.6.2. Comparación de la penetración de la cúrcuma (agua caliente).....	62
3.6.3. Comparación de la resistencia a la compresión (Mpa) .....	63
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	70
ANEXOS .....	72

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Figura 1.</b> Pabellón deportivo.....	7
<b>Figura 2.</b> Cubierta del pabellón deportivo .....	7
<b>Figura 3.</b> Vista lateral puente de guadua en Medellín.....	8
<b>Figura 4.</b> Puente de guadua en Medellín.....	9
<b>Figura 5.</b> Hostería ecológica Alandaluz.....	10
<b>Figura 6.</b> Galpón del cuerpo de bombero, Manta.....	11
<b>Figura 7.</b> Mercado de playita mía. ....	11
<b>Figura 8.</b> Puente peatonal en finca eco turística- San Placido - Portoviejo. ....	12
<b>Figura 9.</b> Capilla elaborada con caña guadúa en Puerto Rico – Manabí. ....	12
<b>Figura 10.</b> Parte interior de la casa con caña guadua - 24 de Mayo.....	13
<b>Figura 11.</b> Fachada frontal de la casa con caña guadua - 24 de Mayo.....	13
<b>Figura 12.</b> Partes de la caña GaK.....	17
<b>Figura 13.</b> Caña brava.....	18
<b>Figura 14.</b> Caña mansa.....	19
<b>Figura 15.</b> Estado de maduración de la caña GaK.....	19
<b>Figura 16.</b> Corte de la caña GaK.....	20
<b>Figura 17.</b> Secado de la caña GaK.....	21
<b>Figura 18.</b> Planta de cúrcuma.....	28
<b>Figura 19.</b> Esfuerzo de compresión.....	32
<b>Figura 20.</b> Esfuerzo a tensión.....	32
<b>Figura 21.</b> Esfuerzo a flexión.....	33
<b>Figura 22.</b> Esfuerzo a corte.....	33
<b>Figura 23.</b> Máquina universal de la facultad de ingeniería, ULEAM.....	37
<b>Figura 24.</b> Tanques de la facultad de ingeniería, ULEAM.....	37

<b>Figura 25.</b> Resistencia eléctrica. ....	37
<b>Figura 26.</b> Balanza eléctrica de la facultad de ingeniería, ULEAM. ....	38
<b>Figura 27.</b> Mezclado de bórax y ácido bórico con agua caliente. ....	38
<b>Figura 28.</b> Vaciado del bórax y ácido bórico al recipiente de agua. ....	39
<b>Figura 29.</b> Introducción de las cañas a los tanques. ....	39
<b>Figura 30.</b> Llenado de piscina. ....	40
<b>Figura 31.</b> Aplicación de la resistencia eléctrica para calentar el agua. ....	41
<b>Figura 32.</b> Aplicación del termómetro para controlar la temperatura del agua. ....	41
<b>Figura 33.</b> Mezclado de la cúrcuma con agua. ....	42
<b>Figura 34.</b> Corte de la caña en tres secciones ....	43
<b>Figura 35.</b> Aplicación de cúrcuma a la caña. ....	43
<b>Figura 36.</b> Probetas a las que se le aplicó cúrcuma. ....	43
<b>Figura 37.</b> Probeta ensayada a compresión en máquina universal. ....	44
<b>Figura 38.</b> Ubicación correcta de la muestra en máquina universal. ....	44
<b>Figura 39.</b> Medición de la caña para realizar el corte a los 6 metros. ....	48
<b>Figura 40.</b> Corte de la caña en el guadual. ....	48
<b>Figura 41.</b> Cortes de las probetas (caña verde). ....	48
<b>Figura 42.</b> Transportación de las cañas. ....	48
<b>Figura 43.</b> Colocación de las cañas en el caballete. ....	49
<b>Figura 44.</b> Caballete para el secado de las cañas. ....	49
<b>Figura 45.</b> Cortado de las probetas (caña seca). ....	49
<b>Figura 46.</b> Cañas ubicadas en el caballete para su respectivo secado. ....	49
<b>Figura 47.</b> Ensayo a compresión en la máquina universal (caña verde). ....	54
<b>Figura 48.</b> Ensayo a compresión en la prensa para ensayos de hormigón (caña seca). ....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas del guadual del Pueblito. ....	47
<b>Tabla 2.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 1.....	50
<b>Tabla 3.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 2.....	50
<b>Tabla 4.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 3.....	51
<b>Tabla 5.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día -4.....	51
<b>Tabla 6.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día -5.....	51
<b>Tabla 7.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 1.....	51
<b>Tabla 8.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 2.....	52
<b>Tabla 9.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día – 3.....	52
<b>Tabla 10.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 4.....	52
<b>Tabla 11.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 5.....	52
<b>Tabla 12.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua.....	53
<b>Tabla 13.</b> Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua.....	53
<b>Tabla 14.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 0 (sin preservar).....	55
<b>Tabla 15.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 1 ( preservadas) .....	55
<b>Tabla 16.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 2 (preservadas) .....	55
<b>Tabla 17.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 3 (preservadas) .....	55
<b>Tabla 18.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 4 (preservadas) .....	55
<b>Tabla 19.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 5 (preservadas) .....	56
<b>Tabla 20.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 0 (sin preservar).....	56
<b>Tabla 21.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 1 ( preservadas ) .....	57
<b>Tabla 22.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 2 ( preservadas) .....	57
<b>Tabla 23.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 3 ( preservadas) .....	57

<b>Tabla 24.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 4 ( preservadas) .....	57
<b>Tabla 25.</b> Resultados de los ensayos a compresión del día – 5 ( preservadas) .....	57
<b>Tabla 26.</b> Resultados de los ensayos a compresión en la caña verde.....	58
<b>Tabla 27.</b> Resultados de los ensayos a compresión en la caña seca.....	58
<b>Tabla 28.</b> Resultados comparativos de penetración de cúrcuma en la caña verde .....	59
<b>Tabla 29.</b> Resultados comparativos de penetración de cúrcuma en la caña seca .....	60
<b>Tabla 30.</b> Resultados promedio comparativo de penetración en la guadua .....	61
<b>Tabla 31.</b> Resultados promedio de penetración de cúrcuma .en agua caliente .....	62
<b>Tabla 32.</b> Resultados comparativos de la resistencia a compresión en la caña verde.....	63
<b>Tabla 33.</b> Resultados comparativos de la resistencia a compresión en la caña seca .....	64
<b>Tabla 34.</b> Resultados promedios comparativos de los ensayos a compresión.. .....	65



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Resultados comparativos de la penetración de la cúrcuma.....	59
<b>Gráfico 2.</b> Resultados comparativo de la penetración de la cúrcuma .....	60
<b>Gráfico 3.</b> Resultados promedio comparativo de la penetración de la cúrcuma .....	61
<b>Gráfico 4.</b> Resultados promedio de la penetración de la cúrcuma en la guadua.....	62
<b>Gráfico 5.</b> Resultados comparativos de los ensayos a compresión en la caña verde .....	63
<b>Gráfico 6.</b> Resultados comparativos de los ensayos a compresión en la caña seca .....	64
<b>Gráfico 7.</b> Resultados promedios comparativos de los ensayos a compresión .....	65
<b>Gráfico 8.</b> Resultados promedios comparativos de los ensayos a compresión .....	66

## ÍNDICE DE ECUACIÓN

(Ec.1).....	45
-------------	----

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como finalidad determinar la incidencia de la penetración de la cúrcuma en la *Guadua angustifolia* Kunth (Gak) preservada, existe diferente forma de preservar la Gak pero específicamente nos enfocamos en el método de Inmersión, el cual en el transcurso que se va desarrollando la tesis se irá explicando el proceso.

A través de la preservación tradicional o química la *Guadua angustifolia* Kunth obtiene una durabilidad y mayor vida útil. Al igual que todo material de la construcción, la Gak necesita un adecuado mantenimiento periódico para conservar su calidad original.

Para alcanzar la meta es necesario tener una buena planificación para que el tema de investigación se desarrolle de la mejor manera posible y posteriormente una buena ejecución de los ensayos para determinar la penetración de las sales minerales de bórax y ácido bórico en la caña *Guadua angustifolia* Kunth.

Para establecer un control de calidad es necesario de determinar la penetración y retención del preservante en la caña guadua, mediante la utilización del colorante natural de cúrcuma.

La *Guadua angustifolia* Kunth es un material que ofrece a la construcción un medio viable, tanto en el aspecto ecológico como en el económico. Y otorga resultados de diseños que cumplan las siguientes condiciones; ser recursos de una región o localidad, que al ser explotados y transformados racionalmente posean condiciones de calidad y eficiencia.

## JUSTIFICACIÓN

Esta investigación tiene como objetivo principal determinar la penetración de las sales minerales de bórax y ácido bórico en la *Guadua angustifolia* Kunth la misma que será útil para que las asociaciones del país dedicadas al preservado, tengan la certeza que sus cañas están siendo preservadas de la mejor manera. Con esto se estará ayudando a resolver algunos problemas de la falta de vivienda a familias que más necesitan, lo cual contribuirá a que las familias tengan un techo donde vivir y un mejor porvenir.

La importancia de esta investigación radica, entonces, en el impacto social que pudiera tener en un futuro ya que la información obtenida de las pruebas en laboratorio se va a canalizar a los centros de preservados existentes en Manabí.

El tema de la *Guadua angustifolia* Kunth tanto en su estado natural como preservada ha sido muy poco abordado, ya que las personas piensan que vivir en una casa de caña es sinónimo de pobreza, mientras no es así. A la *Guadua angustifolia* Kunth se le puede dar muchas utilidades tanto la parte decorativa para las viviendas la cual se la puede realizar de diferentes formas, de igual manera se la puede utilizar construcciones de una y dos plantas.

La *Guadua angustifolia* Kunth es un elemento renovable y no contamina el medio ambiente. Mediante tecnologías sostenibles de preservación que avalen su durabilidad se obtendrá un material útil y amigable para la construcción, remplazando a los materiales convencionales de construcción, a su vez creando fuentes de ingresos para agricultores y profesionales dedicados al comercio de la *guadua angustifolia*.

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El planteamiento del problema surge ante la necesidad de encontrar una forma de verificar la penetración de las sales minerales a la *Guadua angustifolia* Kunth ya que debido a que en el ámbito nacional no se halla literatura sobre investigaciones en este campo.

En vista que en la actualidad se le está dando mucha importancia y por ende teniendo una gran creciente del uso de la *Guadua angustifolia* Kunth en las construcciones y debido a su bajo costo y facilidad de adquisición, se ha comenzado a expandir dentro el territorio ecuatoriano y desarrollándose de una manera impresionante en las construcciones teniendo como resultados viviendas unifamiliares de una y dos pisos, Chozas, Galpones, Puentes Peatonales, Museos, etc.

Por lo anterior, es de vital importancia conocer el nivel de penetración presente en la *Guadua angustifolia* Kunth, luego del proceso de preservado por el método de inmersión con sales de bórax y ácido bórico y así evitar pérdidas en la productividad de la misma. De esta manera con la presente investigación se pretende fortalecer a los centros de preservados, a través de *guadua angustifolia* kunth como nuevo producto emergente de comercialización.

Existen diferentes métodos de preservar la *Guadua angustifolia* Kunth, pero el método que se utilizó para la presente investigación es el preservado por Inmersión.

## **OBJETIVO GENERAL**

Analizar la penetración de las sales minerales de bórax y ácido bórico en la *Guadua angustifolia* Kunth (Gak), por el método de inmersión y su influencia a la resistencia.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Estudiar información sobre la *Guadua angustifolia* Kunth (Gak) en las diferentes partes de la región y sus aplicaciones.
2. Determinar la penetración del bórax y ácido bórico en dos medios con propiedades diferentes.
3. Ensayar las probetas una vez preservadas, a la compresión para determinar los resultados comparando el método por los dos medios.

## **HIPÓTESIS**

La *Guadua angustifolia* Kunth mediante la preservación podría aumentar su resistencia a la compresión o la aplicación de la cúrcuma tendría relevancia en la penetración del bórax y ácido bórico.

## **1. CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE**

## **1.1. Antecedentes de la investigación**

La oferta para compradores de *Guadua angustifolia* Kunth que apliquen productos de preservación de forma auxiliar en el sector de la construcción es básica y generalmente, la calidad ofrecida no satisface los requerimientos de arquitectos e ingenieros que construyen con *Guadua angustifolia* Kunth, debido a que estos consumidores necesitan material para aplicaciones de tipo permanente.

Los depósitos de venta de productos de Gak son los mayores proveedores, sin embargo, no hay innovaciones con respecto a los productos ofrecidos; no generan valor agregado importante (solo la producción de caña rolliza), no hay secado de los productos de guadua y no le dan un tratamiento posterior con el secado (solo secado natural).

Además no existe inversión e innovación en tecnología y procesamiento en guadua. Existen algunos proveedores especiales que realizan todo el proceso desde el manejo y aprovechamiento del guadua, le incorporan valor agregado especialmente en el secado y la preservación y mantienen sus espacios en el mercado sin muchas competencias

Dentro de todo esto existen personas que luchan por crear Infraestructuras que armonicen con el medio ambiente. El caso de Chiangmai Life Architects (CLC) es uno de ellos, ya que sus proyectos arquitectónicos se basan en el uso de la caña guadua y tierra, nada más, consiguiendo así elementos atractivos que están revolucionando la forma de construir.

El pabellón deportivo que han creado para un colegio en Tailandia, el cual está maravillando al mundo por su propuesta.

El pabellón deportivo está construido con caña guadua, de 782 metros cuadrados y con capacidad para 300 personas. La espectacular construcción se integra de manera natural en el entorno, ubicada en la provincia de Chiang Mai, en el norte de Tailandia. (Alvarez, 2017)



*Figura 1. Pabellón deportivo.  
Fuente: Chiangmai Life Architects*

Todas las uniones son a base de caña guadua, no hay ningún tipo de refuerzo o bases de acero u otro material.



*Figura 2. Cubierta del pabellón deportivo  
Fuente: Chiangmai Life Architects*



El techo cuenta con aperturas que permiten la entrada de luz natural y la ventilación del pabellón. Tanto su diseño como el propio material que le da forma suman en la climatización natural de este edificio.

### **El Puente de guadua de Medellín en la expo de Shanghai 2010**

El Puente peatonal en arco de estructura en guadua construido en la ciudad de Medellín por el Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Construcción y la Industria, Regional Quindío.



*Figura 3. Vista lateral puente de guadua en Medellín  
Fuente: Gaviria, 2010*

Este proyecto de investigación aplicada del recurso natural permitirá generar normatividad para el uso de la guadua en grandes construcciones lo que impactará toda la cadena productiva de esta gramínea y abrirá al país grandes oportunidades comerciales de exportación de este recurso y de la tecnología en construcción desarrollada a través de este proyecto señaló la subdirectora del Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Construcción y la Industria, Olga Lucía Quintero Ocampo. (Gaviria, 2010)

En la ejecución del Puente participaron 8 instructores y 52 aprendices en 5 especialidades, lo que demuestra el potencial que tiene el Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Construcción y la Industria y la calidad de la formación que imparte a sus aprendices.



*Figura 4. Puente de guadua en Medellín  
Fuente: Gaviria, 2010*

## **1.2. Historia en el Ecuador**

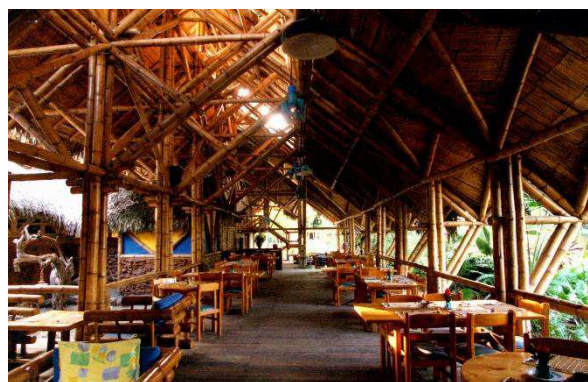
En el ámbito económico, actualmente el uso de la guadua es muy productivo, por ejemplo, en las bananeras donde sirven como soporte para los racimos de plátano ya que la facilidad con que se encuentra esta planta en nuestro país les permite disminuir costos en vez de usar soportes de madera o plástico. Otra aplicación muy común se encuentra en la construcción, donde se ha utilizado la guadua como andamio, o estructura en los puentes de las comunidades suburbanas, también en cerramientos para las florícolas, estructuras en los huertos, incluso como soportes para la fundición de losas, etc. (BENÍTEZ, 2015, pág. 26)

A pesar de no tener datos precisos de la superficie del territorio ecuatoriano que se encuentra cubierta con caña guadua, se estima que anualmente, se consumen 15'531.400 cañas enteras de *Guadua angustifolia* Kunth de las cuales el sector bananero utiliza para cujes el 36%; los depósitos, que son más de 200 en el país, usan el 31% de este producto en su mayoría destinado a la construcción; 26,3% al consumo rural, 5% se comercializa con Perú y 1,7% lo utiliza el sector tabacalero.

En el año 2013, en la ciudad de Guayaquil se construyó la primera biblioteca con caña guadua que además alberga, varios libros y teorías sobre el uso de este material, el proyecto fue realizado dentro del complejo de la Universidad Católica de Guayaquil. Para el Arq. Jorge Morán (colaborador en el desarrollo de este proyecto), el uso de la caña guadua en nuestro país puede aprovecharse mejor y debe extenderse su uso para disminuir el impacto ambiental que generamos en la construcción.

**Alandaluz**, denominado como pueblo ecológico, es un hermoso monumento a la naturaleza y al cuidado del ambiente, es una hostería muy grande ubicada en el extremo sur de Manabí, en el cantón Puerto López. Está construida principalmente en caña guadua, posee una amplia y hermosa playa que está rodeada de espléndidos jardines, huertas orgánicas y bosquecillos de caña guadua.

Debido a la utilización de la caña guadua en su estructura en los años 2006 - 2007 obtuvo varios reconocimientos nacionales e internacionales. En el año 2006 una agencia de turismo de los Estados Unidos la declaró como la mejor hostería ecológica del mundo, gracias a su manejo ambiental. (Cevallos, 2010)



*Figura 5. Hostería ecológica Alandaluz  
Fuente: Arq. Rafael Rojas*

En la administración de Jorge Zambrano como Alcalde de Manta en el periodo 2005 y 2009 dio el auge a la utilización de la caña guadua en las construcciones a desarrollarse en el cantón, teniendo como resultado los restaurantes y mercado de Playita Mía, el galpón de caña construido en el Cuerpo de Bomberos, así como escenarios de algunos parques de la ciudad y juegos infantiles.



**Figura 6.** Galpón del cuerpo de bombero, Manta  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 7.** Mercado de playita mía  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 8.** *Puente peatonal en finca eco turística- San Placido - Portoviejo*  
**Fuente:** *Maestros de Oficio. Inicios del S. XXI*

En la provincia de Manabí existe un lugar llamado “Puerto Rico”, este pequeño poblado en el cantón Puerto López tiene algo peculiar y llamativo, el uso de la caña guadua para la construcción se encuentra ampliamente difundida. Ubicado al sur de la provincia de Manabí. Con apenas 300 habitantes, la ciudad se proyecta a ser un “pueblo ecológico” ellos poseen un gran patio de reciclaje además de una mentalidad clara sobre como proyectar una cultura ecologista.

Puerto Rico posee una capilla de diseño moderno elaborada esencialmente con caña guadua, que ha sido reconocida por su belleza a nivel nacional, por lo cual tiene mayor popularidad a este pequeño pueblo. (Rodriguez, 2013)



**Figura 9.** *Capilla elaborada con caña guadua en Puerto Rico – Manabí*  
**Fuente:** *El Diario, 2013.*

Entre los años 2016 al 2019 mediante un convenio entre la Empresa pública Manabí produce y la Agencia Española de Corporación para el Desarrollo construyeron 11 casas para familias de bajos recursos económicos, que se encontraban registradas en la base de dato social con la que contaba la Empresa Pública. Toda la estructura de las casas está construida con caña guadua preservada.

Las ubicaciones de las casas construidas se encuentran en diferentes Cantones de la provincia de Manabí, por citarle están: Jipijapa, Santa Ana, Pedernales, El Carmen, 24 de Mayo, entre otros.



**Figura 10.** Parte interior de la casa con caña guadua - 24 de Mayo  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 11.** Fachada frontal de la casa con caña guadua - 24 de Mayo  
**Fuente:** Los Autores

### **1.3. Definición de Guadua angustifolia Kunth**

La Guadua angustifolia Kunth, es nativa de Colombia, Venezuela y Ecuador. Ha sido seleccionada como uno de los mejores bambúes del mundo debido a sus propiedades físico-mecánicas y es considerada como la más importante especie nativa de Colombia.

Esta perspectiva amplia para valorar la guadua, ha permitido encontrar en la especie posibilidades y ventajas aplicadas al campo industrial, con excelentes resultados económicos, enorme rentabilidad, amplio protagonismo de productos en los mercados internacionales y un desarrollo tecnológico efectivo para su procesamiento, talvez el mejor del mundo. (Delgado, 2006, pág. 20)

Es una especie forestal no maderable que constituye un excelente recurso sostenible y autorrenovable de rápido crecimiento, versátil, liviano, flexible, resistente y fácil manejo que ofrece diversos beneficios:

- ❖ Ambiental, regulador hídrico y fijadora de dióxido de carbono
- ❖ Conservacionista, protectora de suelos y hábitad de flora y fauna
- ❖ Económica, construcción, artesanías, industria, excelente sustituto de maderas
- ❖ Cultural, gran variedad de usos
- ❖ Paisajista, efecto purificador y embellecedor

#### **1.4. Morfología de la Guadua angustifolia Kunth**

La morfología de la Guadua angustifolia Kunth está constituida por diferentes partes, las cuales se muestran a continuación

##### **❖ Rizoma**

Es un tallo subterráneo de dimensión variable que puede alcanzar profundidades que varían hasta los 2 metros, se utiliza para realizar artesanías, tales como tasas, lápiz. Alcancías.

##### **❖ Culmo o Cepa**

También conocido como tallo o culmo, este elemento es la parte que alcanza el mayor diámetro y espesor, la misma que alcanza una longitud de 3 a 4 metros, vista en el guadua, se puede observar a través de las características que presenta, que las distancias entre canutos son más cortas y el espesor de las paredes tiene mayor dimensión a diferencia de las otras partes, por lo general esta parte se la utiliza como parte estructural en las edificaciones.

##### **❖ Basa**

Esta parte de la Guadua angustifolia Kunth se caracteriza por tener los canutos más distantes entre sí, y alcanza una longitud entre 6 a 10 metros, por lo general se la utiliza en las construcciones como esterillas utilizándola como paredes.



#### ❖ **Sobrebasa**

Esta parte de la caña guadua se caracteriza por tener una mayor distancia entre canutos a diferencia de la parte basa y por ende tiene un menor espesor, alcanza una longitud entre 3 a 5 metros.

#### ❖ **Copa**

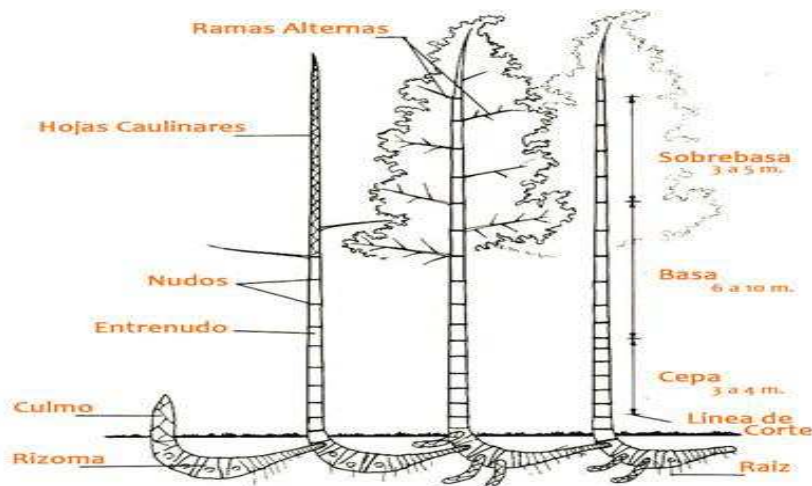
Es la parte que sobra de la planta de guadua, por lo general su utilización se la realiza para hacer artesanías.

#### ❖ **Hojas caulinares**

Estas hojas tiene la funcionalidad de proteger al culmo o cepa desde su estado de desarrollo, evitando que las plagas e insectos dañen la guadua, esta hoja se va desprendiendo de la planta una vez que la guadua este en su estado de maduración.

#### ❖ **Yemas**

Las yemas se presentan en las cañas bravas en la parte de la cepa y sobre basa, mientras que en las cañas mansas solo la presenta en la parte de sobrebasa. Pudiendo identificarla fácilmente dentro del guadual.



**Figura 12.** Partes de la caña GAK  
*Fuente: Bambusa, 2014*

### 1.5. Características de la *Guadua angustifolia* Kunth

La caña guadua es una gramínea o hierba considerada una especie nativa de tierras cálidas que germina en casi todo el mundo. Algunas de sus características botánicas han sido estudiadas y aplicadas a la construcción y a varias otras necesidades de la humanidad a través del tiempo. Ha sido considerada una de las mejores alternativas en los tiempos modernos en los que se incentiva cada vez con mayor fuerza una conciencia ambiental por ser una especie de cultivo económico de gran fuerza, dureza y ligereza.

### 1.6. Beneficios ecológicos

Una característica fundamental de esta planta en la ecología es su auto regeneración, esto quiere decir que al momento de ser cortadas sus raíces vuelven a crecer en poco tiempo, es considerada una planta auto sustentable. Evita la erosión del suelo por su capacidad para almacenar agua y se sustenta en las épocas de sequía. El bambú crece hasta en las zonas áridas, deforestadas e incluso contaminadas. (Checa, 2006, pág. 15)

## 1.7. Tipos de *Guadua angustifolia* Kunth

Existen dos tipos de caña guadua las cuales son:

### 1.7.1. Caña brava

Es la caña más apreciada en la zona de la provincia de Manabí ya que los agricultores dicen posee una excelente resistencia estructural y a su vez contiene menos azúcares y almidón lo cual hace que sea menos apetecible a los insectos y plagas.

Se caracteriza por la presencia de espinas en las ramas basales como apicales.



*Figura 13. Caña brava*  
*Fuente: Bambusa, 2014*

### 1.7.2. Caña mansa

Este tipo de caña absorbe más azúcares y almidón, es por esto que es muy apetecible a los insectos y plagas, por lo tanto se puede apolillar más rápido, a pesar que su manejo es más fácil debido a la ausencia de espinas, no es tan resistente como la caña brava, es por esto que no se utiliza para la construcción sino para realizar artesanías.



*Figura 14. Caña mansa*  
*Fuente: Los Autores*

### **1.8. Corte de la Guadua angustifolia Kunth**

Para realizar el corte en la plantación, es importante tener el conocimiento necesario de cuando la *Guadua angustifolia kunth* tiene la edad correcta para realizar el corte, la edad adecuada para realizar el corte se encuentra entre 4 y 6 años, una caña a esta edad se reconoce por que la hoja caulinar se desprende en su totalidad, así mismo, hay presencia de manchas blancas y sobre todo presenta un color marrón.



*Figura 15. Estado de maduración de la GaK*  
*Fuente: Los Autores*

El corte de la guadua se la debe realizar en el segundo nudo sobre el nivel de suelo, a una altura entre 15 y 30 cm, teniendo la cautela de cortar de manera inclinada para evitar que el agua producto de las precipitaciones se acumule en la misma, ya que si se corta horizontalmente dificultaría el desarrollo del nuevo culmo y por ende perjudicaría al rizoma.



*Figura 16. Corte de la GaK*  
*Fuente: Los Autores*

### **1.9. Secado de la Guadua angustifolia Kunth**

El proceso de secado en la caña guadua es muy importante, ya que al reducir el contenido de humedad, además de que evitamos el ataque de hongos y de insectos, abaratamos el costo de transporte, al convertirse en un material más liviano, y reduce la deformación de la caña al contraerse, para esto se requiere un secado para estabilizar sus dimensiones y mejorar la trabajabilidad y acción de los adhesivos. (Palomeque, 2009, pág. 49)

Cuando la caña Guadua angustifolia Kunth. Se va a utilizar en las obras artesanales o en la fabricación de materiales especiales para la construcción, que van a estar expuestos a diversos factores físicos y climáticos, debe someterse luego de ser curados a un secado.



*Figura 17. Secado de la GaK*  
*Fuente: Conbam 2014*

### **1.10. Preservación de *Guadua angustifolia* Kunth**

La preservación de la guadua se la puede realizar por diferentes métodos, el método a utilizar esta en elección de los centros de preservado o aquella persona que requiera hacerlo, por lo general a nivel de Manabí, él método que utilizan es el método por inmersión, por citar algunos ejemplos están los centros: 24 de Mayo, Puerto López, Santo Domingo.

En la actualidad las personas que se dedican a la construcción con caña guadua prefieren comprar cañas preservadas donde implementen adecuadamente los métodos de preservación y secado que garanticen la permanencia del producto en sus diferentes aplicaciones y usos por largos periodos de tiempo. Adicionalmente, existe en los consumidores una conciencia generalizada sobre la importancia de adquirir producto de bajo niveles de impacto sobre el ambiente y para la salud humana.

A la caña guadua es importante protegerla ante agentes externo como las polillas y plagas para evitar que la duración de la guadua se disminuya. Por tal razón el preservado juega un papel importante en la duración de la caña guadua.(Cobos, 2007, pág. 33)

Para la preservación de la caña guadua se debe introducir el preservante a la estructura del tallo o culmo, tan profunda y uniformemente, como sea posible. El éxito depende de los siguientes factores: La tratabilidad del tallo, su contenido de humedad, el tipo de preservante y del método usado.

### **1.11. Métodos de preservado**

Mediante la Norma Ecuatoriana de la Construcción guadua se puede identificar que existen diversos métodos que conlleva a un mismo fin, que es el preservado de la caña guadua, existen métodos que se puede preservar de manera natural en la plantación de guadua hasta la utilización de sales minerales de bórax y ácido bórico. (Espinel, 2014, pág. 38)

A continuación se presentarán los tipos de métodos para preservar la guadua, con sus respectivos procedimientos.

#### **1.11.1. Preservación por avinagrado**

Este método se conoce también como curado en mata, no usa ningún tipo de aditivos, se puede realizar en la plantación después del corte, manteniendo el culmo con sus respectivas ramas y hojas, apoyado al resto de culmos de forma vertical, por el lapso de tres semanas antes del apeo o tumbado.

Es ecológico y no demanda una inversión extra, sin embargo, es necesario que, a este método, se lo acompañe de otros tipos de preservación. Los preservantes pueden ser aplicados en los culmos de guadua usando al menos uno de los métodos que se describen en esta sección.

### **1.11.2. Preservación por inmersión**

En condiciones naturales la caña guadua es vulnerable al fuego, se deteriora y se quema. Para reducir este riesgo, se propone utilizar soluciones de productos químicos que retardan la acción del calor.

La caña es introducida en piscina donde se le agrega bórax y el ácido bórico, cada uno de estos químicos tienen una dosis indicada, los mimos que no tienen efectos secundarios en la salud humana y se consiguen fácilmente en el mercado.

Luego del tratamiento químico, se procede al secado, ya que para evitar el ataque de hongos y de insectos, la caña debe de tener entre un 10% a 15% de humedad. El paso final de la preservación es, que una vez ya seca la caña, es recomendable que esta sea bañada por un agente químico, que además de darnos un buen acabado, proteja la caña contra cualquier elemento externo.

### **1.11.3. Preservación por presión (Boucherie)**

Este método demanda el empleo de un equipo de compresión o tanque de presión que inyectará el líquido preservante en cada culmo. Para la aplicación del método es necesario el empleo de culmos de reciente corte (máximo 8 horas desde realizado el corte), antes que el secado natural obture los poros y vasos del culmo. En caso de que esto suceda, se recomienda



cortar 0.10 m a 0.15 m del culmo para tratar de que el preservante pueda penetrar. (NEC - SE, 2016, pág. 18)

#### **1.11.4. Preservación por difusión vertical**

Para este método los culmos no deben presentar fisuras ni agujeros que puedan propiciar la pérdida de preservante. Los diafragmas interiores de los culmos deben ser perforados a excepción del último, deben colocarse en posición vertical con la parte basal hacia arriba y con el diafragma que no fue perforado en la parte inferior. Se debe recolectar el excedente de preservante y dar el tratamiento adecuado para evitar la contaminación del ambiente y preservar la salud de quienes lo manipulan.

#### **1.11.5. Preservación por calor o calentamiento**

Los tallos recién cortados se rotan sin quemarlos sobre fuego, a cielo abierto. El preservado al calor se hace colocando horizontalmente las cañas de bambú sobre brasas a una distancia apropiada para que las llamas no las quemen, girándolas constantemente. Este método se hace por lo general a campo abierto.

Las brasas se colocan en el fondo de una excavación de 30 a 40 centímetros de profundidad. Este método también se emplea para enderezar cañas torcidas. Este método es considerado muy efectivo; sin embargo, se corre el peligro de que el calor produzca contracciones y estas a su vez agrietamientos y fisuras en la caña.

#### **1.11.6. Preservación por humo (ahumado)**

Este método consiste en ahumar las cañas previamente colocadas horizontalmente en el interior de la casa sobre un fogón u hoguera, hasta que queden cubiertas exteriormente de hollín. Proceso por el cual se expone al calor generado por el fuego las cañas impregnándose agentes tóxicos que dan un grado de protección, además el calor puede destruir o reducir el contenido de almidón.

Si se ahúma la caña guadua sobre un fuego, puede llegar a ser incomedible; para ello se utilizan sus propias ramas y hojas. Con 50 a 60 grados de temperatura ambiental y humedad variable, se ahúman los vástagos. Se intercambia entre un fuego lento y solo el calor, para la filtración del alquitrán en la madera de manera gaseosa. El proyecto de bambú ahumado usa una tecnología muy antigua, la caña se pone en hornos que, a través de la incineración de madera desechada, produce humo y al mismo tiempo un ácido piroleñoso que impregna las paredes de la caña que crea una barrera natural que no permite la penetración de insectos y plagas.

#### **1.12. Beneficios de la Gak en la construcción**

La resistencia de la caña guadua preservada es comparable con la del hierro. Los estudios experimentales que se realizan sobre las propiedades mecánicas de la caña guadua, señalan que la estructura del tallo es la más perfecta estructura natural. Por esto es considerada el “hierro natural” y probablemente, la solución ecológica en la construcción.

Por sus excepcionales cualidades físicas la forma y liviandad, la caña guadua es el material de uso en construcción de más diversificación que ha existido. Tiene un bajo costo y su disponibilidad en cualquier región ha sido una ventaja para las poblaciones de bajos recursos económicos. Desde países asiáticos hasta latinoamericanos han aplicado este material no solamente a la construcción, sino también para elaborar distintos productos para sus necesidades específicas, por esto se la conoce popularmente como “la madera de los pobres”.

Hoy en día el empleo de la guadua en el campo de la construcción se realiza de manera experimental, basando las investigaciones en el análisis de los sistemas constructivos tradicionales de cada región, lo que ha limitado una exploración a fondo y una aplicación adecuada. La especie propicia para la construcción que se desarrolla en nuestro país es la guadua angustifolia, se encuentra también en Colombia y Perú. Alcanza la parte útil del tallo entre los 28 metros de altura.

La caña guadua por poseer su forma circular y hueca hace que sea un material liviano, que ayuda a que su transportación sea de una manera más fácil e incluso para su almacenamiento.

La caña guadua puede usarse como elemento estructural y al mismo tiempo, como tubería para transportar agua o pequeñas secciones para drenaje. Puede emplearse al ser combinado con diversos materiales, incluso con el concreto para reforzar sus juntas, se pueden obtener diversos elementos para enchapes, como esteras paneles y otros. Es el material de construcción de más bajo costo alrededor del mundo.

### **1.13. Durabilidad de la Guadua angustifolia Kunth**

La durabilidad de la guadua depende del corte, preservado, secado y almacenamiento, para que la guadua llegue a tener una alta durabilidad, por ende un largo periodo de vida útil es necesario tener en cuenta los parámetros antes mencionados, de igual manera es importante evitar tener contacto directo con el suelo y la humedad al momento del secado y almacenamiento. (Cordova, 2014, págs. 51-52)

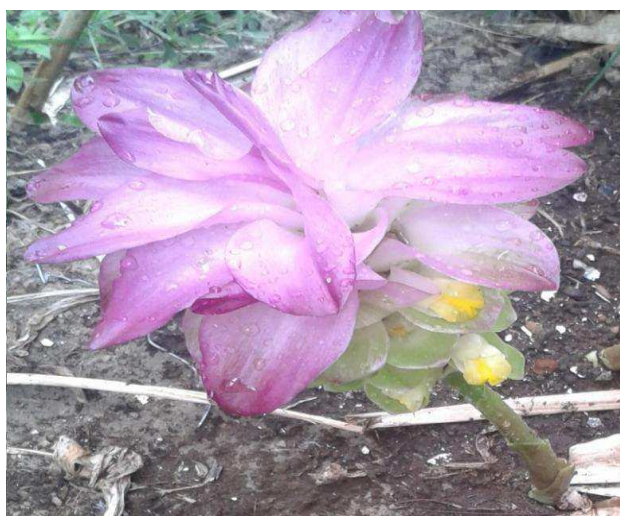
### **1.14. Colorantes naturales**

Actualmente los colorantes naturales ofrecen una gran oportunidad en la industria de la preservación de la caña guadua, debido a que se han venido utilizando como una herramienta eficaz para el conocimiento del grado de penetración y retención que logra conseguir el preservante en la caña.

Los colorantes naturales, son generalmente un recurso barato, no tóxico, renovable y sostenible con un impacto ambiental mínimo, y han atraído la atención de la comunidad científica para ser utilizados en una variedad de disciplinas de aplicaciones tradicionales.

### **1.15. Colorante natural de cúrcuma**

El rizoma de la cúrcuma se ha seleccionado como material colorante en el presente estudio para el teñido del material de la guadua, debido a que es una rica fuente de compuestos fenólicos llamados curcuminoides. El ingrediente activo en coloración rizoma de cúrcuma es la curcumina, que también se conoce como Amarillo Natural. (Posada, 2015, pág. 40)



*Figura 18. Planta de cúrcuma*  
*Fuente: Giraldo, 2015*

#### **1.15.1. Penetración del preservante**

La penetración se refiere a la profundidad que alcanza el preservante en la caña guadua preservada. Cuanto más profunda sea la zona penetrada, mejor será la protección de la caña; para verificar esto se debe realizar un corte en la sección media de la probeta preservada, observando directamente la coloración que haya tomado la parte impregnada. La penetración se realiza midiendo en la cara de la pieza el desplazamiento (en milímetros) del color rojo del borde hacia el centro.

#### **1.15.2. Propiedades de la cúrcuma**

Cúrcuma es un tinte o colorante natural de color amarillo brillante, que pertenece al grupo diaroil-metano nombrado como diferuloylole-metano. También es bien conocido por sus propiedades anti-cancerígenas, anti-inflamatorios, anti- microbianas, anti-parasitaria, anti-

mutagénica, anti-incipiente y propiedades contra el cáncer, así como para la formación de productos de protección solar.

Además de la utilización de la cúrcuma en la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica, se han encontrado grandes aplicaciones de la cúrcuma en la industria química como indicador de pH, en la medicina en la detección del cáncer y tratamiento del Alzheimer y en la industria textil en el acabado antimicrobiano de textiles (lana, algodón, entre otros).

Toxicológicamente, la cúrcuma es relativamente inerte y no parece tener toxicidad tanto para los seres humanos y como para los animales, incluso en dosis altas. Se ha encontrado que no es tóxico para los seres humanos hasta para una dosis de 10 g /día.

### **1.16. Concepto de bórax**

La mayoría de los boratos industriales minerales, contiene H<sub>2</sub>O intersticial, es decir. La relación entre el contenido total de agua de un borato, se evidencia en la fórmula del óxido y observándose el grado de polimerización de unidades estructurales de borato. El término bórax se utiliza en referencia a las dos formas cristalinas de sales de sodio hidratadas. En los productos comerciales, estas son generalmente designadas por sus fórmulas de óxido resueltas Na<sub>2</sub>O. 2 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> .10 H<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O. 2 B<sub>2</sub> O<sub>3</sub>. 5 H<sub>2</sub>O.

#### **1.16.1 Usos del bórax**

Es usado en detergentes, desinfectante, suavizantes y jabones, los agricultores la usa como pesticida y abono foliar, además se usa para la fabricación de vidrio, cerámica y esmaltes entre

otros. A diferencia de otros productos limpiadores, no causa cáncer, no se acumula en el cuerpo ni se absorbe a través de la piel.

El bórax no es perjudicial para el medio ambiente, sin embargo es un tóxico leve, por ende se debe tomar algunas precauciones, no se debe ingerir, puede irritar la piel y los ojos. El bórax es muy soluble y para que no sea tóxico hay que usar la dosis adecuada y exceder la dosis. (ANONIMO,2009)

**Puedes encontrar bórax en:**

- ❖ Detergentes
- ❖ Pesticidas
- ❖ Suavizantes
- ❖ Jabones
- ❖ Fabricación de esmaltes
- ❖ Pulido de piedras preciosas

**1.17. Concepto de ácido bórico**

El ácido bórico es el más versátil de todos los boratos como reactivo sintético, además el conocido ácido ortobórico  $B(OH)_3$ . Normalmente se fabrica haciendo reaccionar un mineral de borato, especialmente kernita o colemanita, con ácido sulfúrico.

El ácido bórico es un sólido blanco que se cristaliza como plaquetas cerosas y su estructura cristalina consiste en moléculas triangulares de  $B(OH)_3$  interconectadas por enlaces de hidrógeno en capas planas.

### **1.17.1. Usos del ácido bórico**

Uno de los usos más comunes y útiles es para el control de plagas no tóxicas, actúa como insecticida para controlar cucarachas, hormigas de fuego y otros insectos, también previene y destruye la pudrición húmeda y seca existente en la guadua. (ANONIMO, 2011)

#### **Puedes encontrar ácido bórico en:**

- ❖ Antisépticos
- ❖ Esmaltes
- ❖ Fabricación de fibra de vidrio
- ❖ Lociones para la piel
- ❖ Algunas pinturas
- ❖ Algunos pesticidas para roedores y hormigas
- ❖ Polvos para matar cucarachas

### **1.18. Propiedades mecánicas de la GaK**

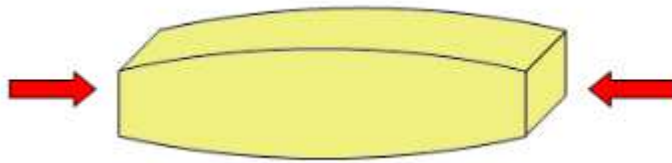
Las propiedades mecánicas de la caña guadua es el resultado de su comportamiento bajo la aplicación de fuerzas externas, la misma que depende del tipo de fuerza que se aplica y de la estructuración de la misma. (Gómez, 2015, pág. 85)

Las principales acciones mecánicas que se aplican al elemento son: compresión, tensión, flexión, cortante.



### 1.18.1. Compresión

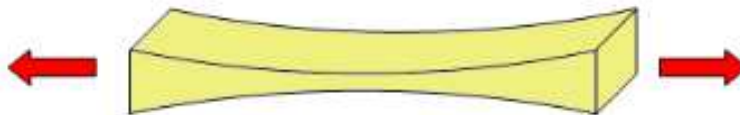
La compresión es la aplicación de dos fuerzas de manera convergente haciendo que el elemento se acorte y produciendo un ensanchamiento en su parte media de la muestra.



*Figura 19. Esfuerzo de compresión*

### 1.18.2. Tensión

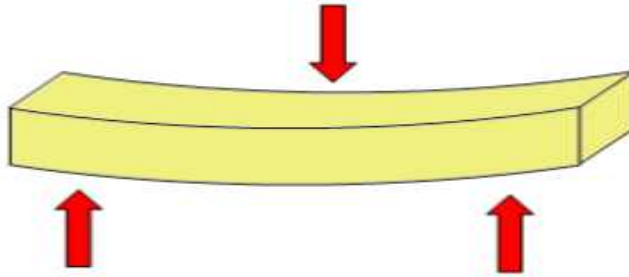
La tensión es la aplicación de dos fuerzas de manera divergente haciendo que el elemento se estire aumentando su longitud inicial.



*Figura 20. Esfuerzo a tensión*

### 1.18.3. Flexión

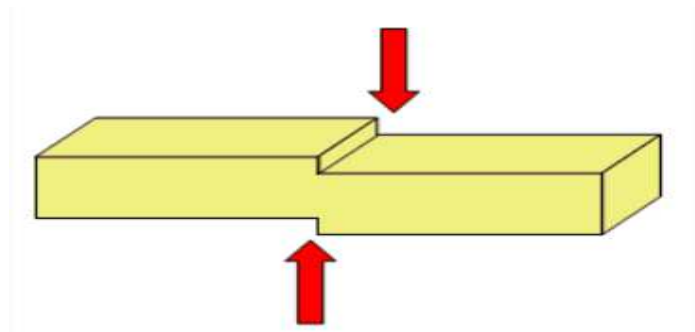
La flexión es la acción de pandear el elemento haciendo que se deforme su estado natural debido a las cargas aplicadas.



*Figura 21. Esfuerzo a flexión*

#### 1.18.4. Cortante

Cortante provoca fuerzas perpendiculares al eje longitudinal del elemento, aplicadas en sentidos contrarios casi en la misma vertical que tienden a cortarlo.



*Figura 22. Esfuerzo a corte*

## **2. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS**

## **2.1. Metodología de la investigación**

La presente investigación es de carácter experimental, debido a que se analizó la penetración de las sales minerales de bórax y ácido bórico en la caña guadua verde y seca, de igual manera se analizó los especímenes mediante ensayo a compresión realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Hormigón de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), estos procesos fueron realizados bajo las normativas vigentes.

La interpretación de los resultados de la presente investigación consta como apoyo para futuras investigaciones, donde se pueda analizar más detalladamente la temática estudiada.

## **2.2. Muestras de los materiales**

Las muestras utilizadas para los ensayos efectuados fueron obtenidas del Cantón 24 de Mayo sector el Pueblito de la provincia de Manabí, dentro del guadua se observó que cortaron caña donde el suelo es húmedo (cerca de los esteros). La caña guadua fue seleccionada cuidadosamente ya que deben ser cañas de 4 a 6 años de maduración y cortadas en los días de Luna menguante que se efectúa cada mes.

Una vez cortadas las cañas en dos secciones, cada una en parte inferior y media, fueron transportadas al depósito de caña ubicado en el Cantón Jaramijó, donde se realizó los respectivos cortes y dimensionamientos a las muestras, de acuerdo a la normativa establecida, para los ensayos a compresión y el preservado por el método de Inmersión tanto en agua fría como en caliente. Utilizando caña verde y seca.

### **2.3. Normativa**

Para realizar el preservado de la caña guadua, fue necesario aplicar la norma ecuatoriana de la construcción (estructuras de guadua Gak), esta norma dentro de su contenido establece diferentes métodos de preservados con sus debidos procesos, de la cual se realizó los ensayos sobre las muestras de las cañas, los mismos que podrán ser utilizados para establecer valores de penetración de bórax y ácido bórico a través de la utilización de colorantes naturales (Cúrcuma). Los resultados obtenidos se pueden usar para establecer relación de penetración en la caña verde y seca.

De igual manera se utilizó la normativa técnica colombiana (NTC 5525), esta norma comprende los ensayos que se realizó a compresión sobre las muestras de caña guadua, los mismos que podrán ser utilizados para establecer valores de resistencia.

### **2.4. Ensayos de muestras**

Para determinar los datos de los ensayos expuestos en la normativa aplicada, es fundamental la implementación de algunos equipos y materiales del laboratorio como lo son:

- ❖ Máquina universal: equipo de laboratorio que permite ensayar diversos materiales por diferentes métodos mecánicos, el cual va de acuerdo al requerimiento de las necesidades, la máquina esta implementada por un panel computarizado donde se observan los registros de datos realizados por esfuerzos ejercidos a los materiales.



**Figura 23.** Máquina universal de la facultad de ingeniería, ULEAM

**Fuente:** Los Autores

- ❖ Tanques de plástico: este material sirve para el almacenamiento de diferentes líquidos.



**Figura 24.** Tanques de la facultad de ingeniería, ULEAM

**Fuente:** Los Autores

- ❖ Calentador de resistencia eléctrica: este instrumento eléctrico sirve para calentar agua de acuerdo a la temperatura requerida.



**Figura 25.** Resistencia eléctrica

**Fuente:** Los Autores

- ❖ **Balanza electrónica:** Las balanzas son utilizadas para realizar mediciones de masa con lectura directa y precisa.



**Figura 26.** Balanza eléctrica de la facultad de ingeniería, ULEAM

**Fuente:** Los Autores

## 2.5. Preservado por el método de inmersión (agua fría)

El preservado tiene como finalidad darle un mejor comportamiento a la caña guadua ante agentes externos como plagas y polillas, así mismo darle una mayor durabilidad y por ende aumentar su vida útil.



**Figura 27.** Mezclado de bórax y ácido bórico con agua caliente

**Fuente:** Los Autores



**Figura 28.** Vaciado del bórax y ácido bórico al recipiente de agua  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 29.** Introducción de las cañas a los tanques  
**Fuente:** Los Autores

### 2.5.1. Equipo

- ❖ Recipientes para realizar el mezclado de las sales minerales.
- ❖ Cocina para calentar el agua con la cual se disolvió el bórax y ácido bórico.
- ❖ Balanza, con una exactitud de 0.01 g.
- ❖ Tanques para realizar el preservado.



### 2.5.2. Procedimiento

- 1) Llenado de los tanques.
- 2) Pesado del bórax y ácido bórico en la balanza electrónica.
- 3) Disolución del bórax y ácido bórico en un recipiente con agua caliente.
- 4) Se introducen las probetas a los tanque donde se preservará la caña guadua, donde ya antes se ha ubicado los líquidos preservantes en la dosis indicada por la NEC Guadua (por cada 96 litros de agua se debe introducir 2 Kg de cada uno de bórax y ácido bórico).
- 5) Las cañas deben estar introducida en el agua con las sales minerales 5 días, por lo cual la presente tesis analizara las cañas por día, para ir verificando la penetración desde el primer hasta el último día.
- 6) Sacado y cortado de las probetas.

### 2.6. Preservado por el método de inmersión (agua caliente)



*Figura 30. Llenado de piscina*  
*Fuente: Los Autores*



**Figura 31.** Aplicación de la resistencia eléctrica para calentar el agua  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 32.** Aplicación del termómetro para controlar la temperatura del agua  
**Fuente:** Los Autores

### 2.6.1. Equipo

- ❖ Recipientes para realizar el mezclado de las sales minerales.
- ❖ Cocina para calentar el agua con la cual se disolvió el bórax y ácido bórico.
- ❖ Balanza, con una precisión de 0.01 g.

### 2.6.2. Procedimiento

- 1) Llenado de la piscina.
- 2) Pesado del bórax y ácido bórico en la balanza electrónica.
- 3) Disolución del bórax y ácido bórico en un recipiente con agua caliente.
- 4) Se introducen las probetas en la piscina de preservación, donde previamente se ha colocado el líquido preservante en la dosis formulada (por cada 96 litros de agua se recomienda 2 Kg de cada uno de los químicos: bórax y ácido bórico).
- 5) las cañas deben estar introducida en el agua caliente a una temperatura de 60 a 80 °C por 6 horas.
- 6) Sacado y cortado de las probetas.

### 2.7. Penetración

Se refiere a la capacidad de penetración que tiene las sales minerales de bórax y ácido bórico en la caña guadua preservada, la cual se demostró con la aplicación de cúrcuma.



**Figura 33.** Mezclado de la cúrcuma con agua  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 34.** Corte de la caña en tres secciones  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 35.** Aplicación de cúrcuma a la caña  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 36.** Probetas a las que se les aplicó cúrcuma  
**Fuente:** Los Autores

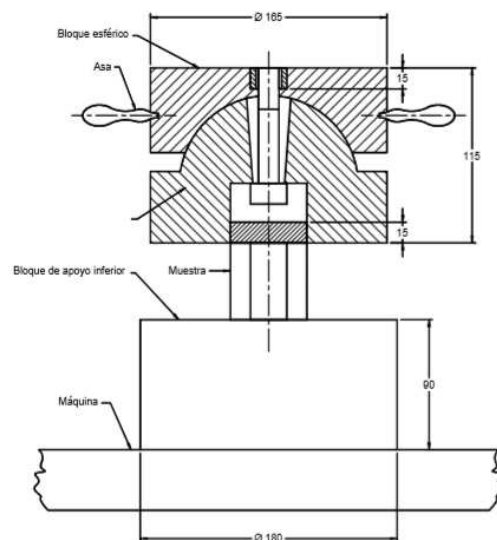
## 2.8. Compresión



**Figura 37.** *Probeta ensayada a compresión en máquina universal*  
**Fuente:** Los Autores

### 2.8.1. Equipo

Los ensayos se deben realizar en una máquina adecuada. Al menos una pletina de la máquina debe tener un apoyo hemisférico para obtener una distribución uniforme de la carga en los extremos de la probeta, como se ilustra en la figura 36. Entre las dos pletinas de acero de la máquina y los dos extremos de la muestra se debe colocar una capa intermedia para reducir a un mínimo la fricción.



**Figura 38.** *Ubicación correcta de la muestra en máquina universal*  
**Fuente:** Norma Técnica Colombiana (5525)

### 2.8.2. Procedimientos

- ❖ La probeta se debe colocar de tal forma que el centro del cabezal móvil esté verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la probeta y se aplica inicialmente una carga pequeña, no mayor a 1 kN, para acomodar la probeta.
- ❖ La carga se debe aplicar continuamente durante el ensayo para hacer que el cabezal móvil de la máquina de ensayo se desplace a una velocidad constante de 0,01 mm/s.
- ❖ Cuando sea necesario se deben realizar lecturas de deformación la cantidad necesaria de veces para poder hacer un diagrama lo más exacto posible de la deformación frente a la carga, a partir de la cual se determina el valor de E.
- ❖ Se debe registrar la lectura final de la carga máxima a la cual falla la probeta.

### 2.8.3 Ecuación

El esfuerzo último de compresión se debe determinar con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F_{ult}/A \quad (\text{Ec.1})$$

En donde:

- ❖  **$\sigma_{ult}$** : es el esfuerzo último de compresión, en MPa (o N / mm<sup>2</sup>), redondeado con aproximación de 0,5 MPa.
- ❖ **F<sub>ult</sub>**: es la carga máxima a la cual falla la probeta, en N.
- ❖ **A**: es el área de la sección transversal (2.3), en mm<sup>2</sup>.

### **3. CAPÍTULO III. RESULTADOS**

### 3.1. Resultados de los ensayos

Terminados los ensayos en laboratorio se pudo caracterizar los resultados obtenidos, de igual manera se determinó la propiedad mecánica a compresión. La comparación de los ensayos se lo realizó por día de preservado5, para verificar la penetración de la cúrcuma en las cañas verdes y secas tanto en frío como en caliente. Para determinar cuánto penetra el bórax y ácido bórico a través de la cúrcuma, la misma que se verifica con el cambio de color que toma la caña de un estado amarillo a rojo.

### 3.2.Extracción de muestras

En la presente investigación se utilizó la *Guadua angustifolia* Kunth como material de estudio, la misma que fue extraída del cantón 24 de Mayo sector el Pueblito, el corte de la guadua se lo realizó según las recomendaciones de los nativos del sector y personal experimentado en este material, haciendo el corte al ras sobre el segundo canuto ubicado por encima del suelo, la edad de la guadua extraída está entre 4 a 6 años siendo esta edad donde la guadua presenta sus mejores condiciones. Luego de aquello se trasladó el material al depósito de caña ubicada en Jaramijó y posteriormente al laboratorio de la carrera de ingeniería civil de la facultad de ingeniería de la ULEAM para continuar con el proceso de estudio.

*Tabla 1. Coordenadas del guadua del Pueblito*

Cantón	Coordenadas	
	Este	Norte
24 de Mayo- sector el Pueblito	564628	9860241

*Fuente: Los Autores*





**Figura 40.** Corte de la caña en el guadual.  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 39.** Medición de la caña para realizar el corte a los 6 metros  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 42.** Transportación de las cañas  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 41.** Cortes de las probetas (caña verde)  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 44.** Caballete para el secado de las cañas  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 43.** Colocación de las cañas en el caballete  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 46.** Cañas ubicadas en el caballete para su respectivo secado  
**Fuente:** Los Autores



**Figura 45.** Cortado de las probetas (caña seca)  
**Fuente:** Los Autores

### 3.3. Penetración de cúrcuma en la caña guadua con agua fría

Para determinar la penetración de la cúrcuma, se realizó la preservación de 39 probetas de 20 cm de altura durante 5 días, de los cuales se iban sacando 7 probetas por día, se utilizó 5 para aplicarle cúrcuma y las 2 probetas restantes se les realizó el ensayo a compresión, considerando en el último día 5 probetas para el ensayo a compresión y 6 para la aplicación de la cúrcuma. Con la finalidad de verificar la penetración y la resistencia consecutivamente.

#### 3.3.1. Caña verde

A continuación se detallarán los resultados obtenidos de las pruebas realizadas de penetración mediante la aplicación de la cúrcuma durante los 5 días de preservado.

*Tabla 2. Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 1*

NUMEROS	MUESTRAS	ESPESOR (cm)	PENETRACIÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	2.10	2	
2	Inferior	1.15	2	2.00
3	Inferior	1.35	2	
4	Media	1.00	1.5	
5	Media	0.85	1.5	1.50

*Fuente: Los Autores.*

*Tabla 3. Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 2*

NUMEROS	MUESTRAS	ESPESOR (cm)	PENETRACIÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.60	3	
2	Inferior	1.90	3	3.33
3	Inferior	1.40	4	
4	Media	1.10	2.5	
5	Media	1.10	2.5	2.5

*Fuente: Los Autores*

**Tabla 4.** Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 3

NUMEROS	MUESTRAS	ESPEJOR (cm)	PENETRACIÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.70	4	
2	Inferior	2.20	5	
3	Inferior	1.40	5	4.67
4	Media	1.00	3	
5	Media	0.90	2.5	2.75

*Fuente:* Los Autores

**Tabla 5.** Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día -4

NUMEROS	MUESTRAS	ESPEJOR (cm)	PENETRACIÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.60	5	
2	Inferior	1.60	5	5.33
3	Inferior	1.10	6	
4	Media	1.00	3	
5	Media	0.70	3	3.00

*Fuente:* Los Autores

**Tabla 6.** Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día -5

NUMEROS	MUESTRAS	ESPEJOR (cm)	PENETRACIÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.20	5	
2	Inferior	1.30	5	
3	Inferior	1.50	6	5.25
4	Inferior	1.20	5	
5	Media	0.90	3.5	
6	Media	0.80	3	3.25

*Fuente:* Los Autores

### 3.3.2. Caña seca

**Tabla 7.** Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 1

NUMEROS	MUESTRAS	ESPEJOR (cm)	PENETRACIÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.15	6	
2	Inferior	1.10	4	5.00
3	Inferior	1.15	5	
4	Media	0.85	3	
5	Media	0.90	3.5	3.25

*Fuente:* Los Autores

*Tabla 8. Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 2*

NUMEROS	MUESTRAS	ESPEJOR (cm)	PENETRACIÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.10	5	5.67
2	Inferior	1.30	8	
3	Inferior	1.00	4	3.5
4	Media	0.80	3	
5	Media	0.90	4	

*Fuente: Los Autores*

*Tabla 9. Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 3*

NUMEROS	MUESTRAS	ESPEJOR (cm)	PENETRACIÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.00	4	6.00
2	Inferior	1.10	6	
3	Inferior	1.20	8	
4	Media	0.80	3	3.00
5	Media	0.80	3	

*Fuente: Los Autores*

*Tabla 10. Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 4*

NUMEROS	MUESTRAS	ESPEJOR (cm)	PENETRACIÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.00	5	5.00
2	Inferior	1.10	5	
3	Inferior	1.00	5	
4	Media	0.80	4	3.50
5	Media	0.90	3	

*Fuente: Los Autores*

*Tabla 11. Resultados de penetración de cúrcuma en la caña guadua del día - 5*

NUMEROS	MUESTRAS	ESPEJOR (cm)	PENETRACIÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.10	6	5.00
2	Inferior	1.00	5	
3	Inferior	1.00	4	
4	Inferior	1.00	5	
5	Media	0.80	4	3.50
6	Media	0.80	3	

*Fuente: Los Autores*

### 3.4. Penetración de cúrcuma en la caña guadua con agua caliente

Para determinar la penetración de la cúrcuma, se realizó la preservación de 15 probetas de 20 cm de altura, durante 6 horas con una temperatura que oscila entre 60 a 80 °C, de los cuales se sacaron 10 muestras para aplicarle cúrcuma y las otras 6 restantes de las realizó el ensayo a compresión para identificar la variación de resistencia.

*Tabla 12. Resultados de penetración de cúrcuma en la caña verde*

NUMEROS	MUESTRAS	ESPEJOR (cm)	PENETRACÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.20	4	
2	Inferior	1.30	5	
3	Inferior	1.20	4	4
4	Inferior	1.50	4	
5	Inferior	1.20	3	
6	Media	0.90	3	
7	Media	1.00	3	
8	Media	0.80	2	2.6
9	Media	0.80	2	
10	Media	0.80	3	

*Fuente: Los Autores*

*Tabla 13. Resultados de penetración de cúrcuma en la caña seca*

NUMEROS	MUESTRAS	ESPEJOR (cm)	PENETRACÓN (mm)	PROMEDIO
1	Inferior	1.30	7	
2	Inferior	1.00	5	
3	Inferior	1.20	4	5.00
4	Inferior	1.00	5	
5	Inferior	1.10	4	
6	Media	0.80	3	
7	Media	0.70	3	
8	Media	0.70	3	3.00
9	Media	0.90	3	
10	Media	0.80	3	

*Fuente: Los Autores*

### 3.5. Compresión

Para realizar este ensayo se escogieron 4 probetas antes de comenzar la preservación durante los 5 días, las mismas que se le realizó la prueba a compresión para tener un valor referencial en su resistencia antes del preservado, y a partir del primer día de preservado se fueron sacando 2 probetas hasta llegar al quinto en el cual se sacaron 5 probetas, las mismas fueron ensayadas a compresión para ver si el preservado influye en su resistencia.

De igual manera se ensayaron 6 probetas que se preservaron con agua caliente durante 6 horas a temperatura entre 60 a 80 °C.

Las probetas tomadas para los ensayos fueron caña verde y caña seca de la parte Inferior y Media de cada culmo.



**Figura 47.** Ensayo a compresión en la máquina universal (caña verde)  
**Fuente:** Los Autores

Los resultados obtenidos corresponden a los ensayos a compresión con caña verde en agua fría, preservada y sin preservar, los mismos que se detallan a continuación:

**Tabla 14.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 0 (sin preservar)

N°	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	12.8	1.05	20	128.367	33.1190	991.674
2	Inferior	13.7	1.41	20	150.779	27.6962	974.693
3	Inferior	14.4	1.63	20	217.615	33.2783	867.216
4	Media	10.6	1.08	20	124.444	38.5270	2,294.880

*Fuente: Los Autores*

**Tabla 15.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 1 (preservadas)

N°	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	14.00	1.30	20	151.029	29.1180	906.677
2	Media	11.30	0.85	20	108.606	38.7678	2,083.930

*Fuente: Los Autores*

**Tabla 16.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 2 (preservadas)

N°	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	14.2	1.23	20	174.135	34.7449	1,082.730
2	Media	11.05	0.90	20	103.015	35.8956	1,331.810

*Fuente: Los Autores*

**Tabla 17.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 3 (preservadas)

N°	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	14.50	1.88	20	208.087	27.9176	754.030
2	Media	11.95	0.80	20	107.240	38.3685	2,062.630

*Fuente: Los Autores*

**Tabla 18.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 4 (preservadas)

N°	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	11.75	1.13	20	140.388	37.2371	1,005.870
2	Media	11.3	1.33	20	131.081	31.466	1,795.010

*Fuente: Los Autores*



**Tabla 19.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 5 (preservadas)

Nº	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor. (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	13.73	1.29	20	160.851	31.9054	872.445
2	Inferior	14.5	1.71	20	195.086	28.3928	1111.69
3	Inferior	13.33	2.3	20	241.414	30.2907	929.487
4	Media	11.73	0.85	20	119.189	41.0242	1779.16
5	Media	12.13	1.64	20	139.087	25.7347	3893.82

*Fuente:* Los Autores



**Figura 48.** Ensayo a compresión en la prensa para ensayos de hormigón (caña seca)

*Fuente:* Los Autores

Los resultados obtenidos corresponden a los ensayos a compresión con caña seca en agua fría, preservada y sin preservar, los mismos que se detallan a continuación:

**Tabla 20.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 0 (sin preservar)

Nº	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor. (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	12.50	1.00	20	172.630	47.7825	7,963.744
2	Inferior	13.60	1.15	20	170.590	37.9260	2,528.397
3	Inferior	12.00	1.00	20	166.140	48.0764	6,009.546
4	Media	10.90	0.85	20	152.690	56.8952	3,793.014

*Fuente:* Los Autores

**Tabla 21.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 1 (preservadas)

N°	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor. (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	13.60	1.00	20	142.82	36.0802	4,510.022
2	Media	11.60	0.80	20	114.09	42.0324	3,821.125

*Fuente:* Los Autores

**Tabla 22.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 2 (preservadas)

N°	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor. (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	12.6	1.00	20	109.350	30.0062	6,001.239
2	Media	11.5	0.90	20	105.700	35.2677	5,877.945

*Fuente:* Los Autores

**Tabla 23.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 3 (preservadas)

N°	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor. (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	12.40	1.00	20	95.2971	26.6088	5,321.756
2	Media	11.20	0.9	20	109.640	37.6478	6,274.631

*Fuente:* Los Autores

**Tabla 24.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 4 (preservadas)

N°	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor. (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	13.50	1.15	20	126.610	27.3043	5,460.869
2	Media	10.90	1.00	20	95.3452	30.6559	3,065.588

*Fuente:* Los Autores

**Tabla 25.** Resultados de los ensayos a compresión del día – 5 (preservadas)

N°	Muestra	Diámetro (cm)	Espesor. (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	14.00	1.30	20	138.440	26.6910	5338.197534
2	Inferior	14.15	1.15	20	156.450	33.3108	3028.250635
3	Inferior	13.60	1.15	20	121.030	26.9077	2446.15112
4	Media	12.10	1.10	20	130.130	34.2328	4890.397342
5	Media	11.30	1.00	20	86.2505	26.6547	2665.47445

*Fuente:* Los Autores

Los siguientes resultados son obtenidos de los ensayos a compresión que corresponden a la utilización de caña verde y seca en agua caliente.

### Caña verde

*Tabla 26. Resultados de los ensayos a compresión en la caña verde*

N°	Muestra	Díámetro (cm)	Espesor. (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	14.2	1.43	20	119.384	20.8099	4040.36
2	Inferior	13.55	1.41	20	143.602	26.7038	983.051
3	Inferior	14.30	1.44	20	167.517	28.7943	1173.23
4	Media	11.00	0.8	20	56.6173	22.0856	8047.58
5	Media	11.15	0.81	20	123.401	46.8988	2429.27
6	Media	10.95	0.8	20	116.400	45.6295	2253.86

*Fuente: Los Autores*

### Caña seca

*Tabla 27. Resultados de los ensayos a compresión en la caña seca*

N°	Muestra	Díámetro (cm)	Espesor. (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)
1	Inferior	14.10	1.25	20	143.820	28.5007	4750.1248
2	Inferior	13.90	1.15	20	115.910	25.1630	4193.8390
3	Inferior	13.50	1.30	20	148.680	29.8400	2984.0047
4	Media	10.10	0.85	20	62.8989	25.4643	5092.8691
5	Media	10.40	0.90	20	81.7296	30.4273	3803.4122
6	Media	10.30	0.95	20	89.4592	32.0583	6411.6516

*Fuente: Los Autores*

### 3.6. Análisis de los resultados

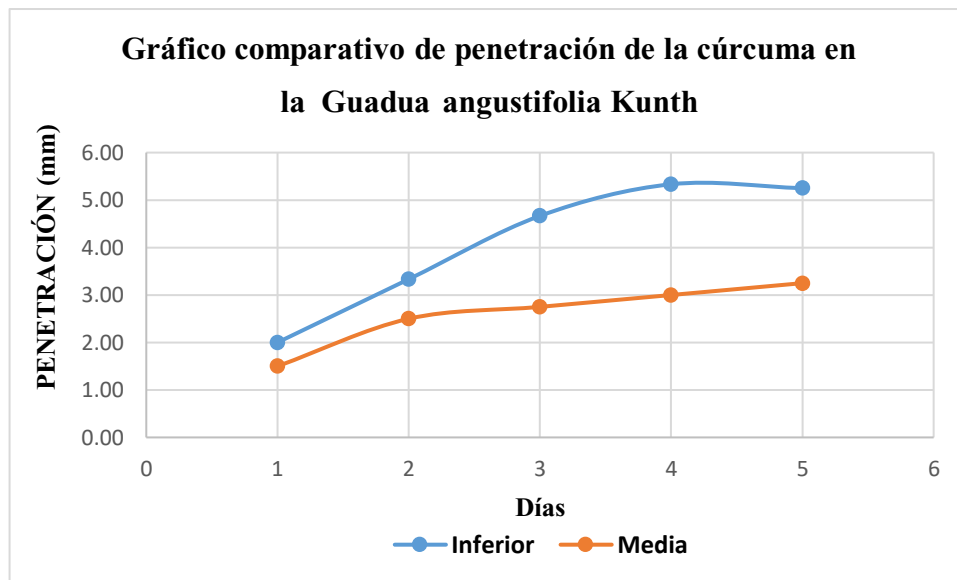
Se realiza una comparación de los datos obtenidos de los ensayos y a la vez se establecerá donde las probetas obtienen mejores resultados a compresión y cuál es el día en que la caña alcanza su mayor penetración.

#### 3.6.1. Comparación de la penetración de la cúrcuma (agua fría)

*Tabla 28. Resultados comparativos de penetración de cúrcuma en la caña verde*

Días de preservado	1	2	3	4	5
Muestras	Penetración (mm)				
Inferior	2.00	3.33	4.67	5.33	5.25
Media	1.50	2.5	2.75	3.00	3.25

*Fuente: Los Autores*



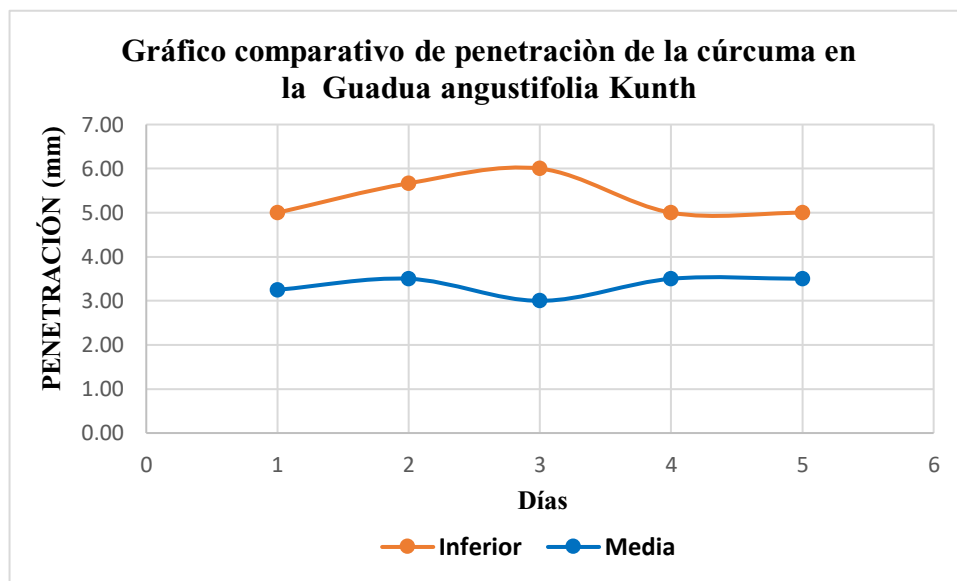
*Gráfico 1. Resultados comparativos de la penetración de la cúrcuma*  
*Fuente: Los Autores*

Como se muestra en el gráfico 1, se observan los resultados comparativos de la penetración de cúrcuma en la caña verde por cada día de preservado, destacando una mayor penetración de cúrcuma en el día cuatro con un valor de 5.33 mm en la parte inferior, mientras que en la parte media alcanzó su mayor penetración en el último día de preservado con un valor de 3.25 mm.

*Tabla 29. Resultados comparativos de penetración de cúrcuma en la caña seca*

Días de preservado	1	2	3	4	5
<b>Muestras</b>	<b>Penetración (mm)</b>				
<b>Inferior</b>	5.00	5.67	6.00	5.00	5.00
<b>Media</b>	3.25	3.50	3.00	3.50	3.50

*Fuente: Los Autores*



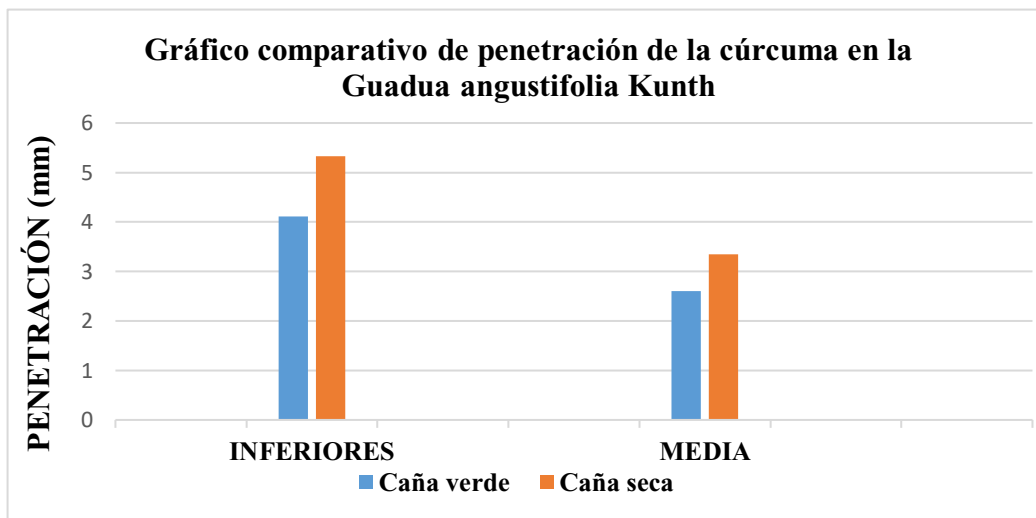
*Gráfico 2. Resultados comparativo de la penetración de la cúrcuma*  
*Fuente: Los Autores*

Como se muestra en el gráfico 2, se observan los resultados comparativos de la penetración de cúrcuma en la caña seca por cada día de preservado, destacando una mayor penetración de cúrcuma en el tercer día con un valor de 6.00 mm en la parte inferior, mientras que en la parte media obtuvo su menor penetración en el tercer día de preservado con un valor de 3.00 mm.

**Tabla 30.** Resultados promedio comparativo de penetración en la guadua

MUESTRAS	Caña verde PENETRACIÓN (mm)	Caña seca PENETRACIÓN (mm)
INFERIORES	4.12	5.33
MEDIA	2.60	3.35

*Fuente: Los Autores*



**Gráfico 3.** Resultados promedio comparativo de la penetración de la cúrcuma  
*Fuente: Los Autores*

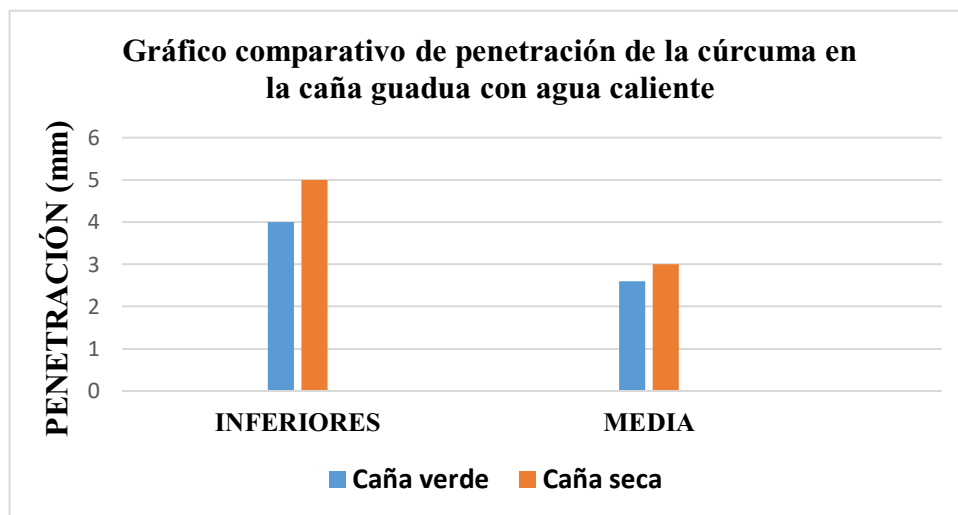
Como se muestra en el gráfico 3, se observan los resultados promedios comparativos de la penetración de la cúrcuma en la caña guadua tanto verde como seca en agua fría. Destacando una mayor penetración de cúrcuma en las cañas seca y verde de la parte inferior, en relación a la parte media.

### 3.6.2. Comparación de la penetración de la cúrcuma (agua caliente)

*Tabla 31. Resultados promedio de penetración de cúrcuma en agua caliente*

MUESTRAS	Caña verde PENETRACIÓN (mm)	Caña seca PENETRACIÓN (mm)
INFERIORES	4.00	5.00
MEDIA	2.60	3.00

*Fuente: Los Autores*



*Gráfico 4. Resultados promedio de la penetración de la cúrcuma en la guadua*  
*Fuente: Los Autores*

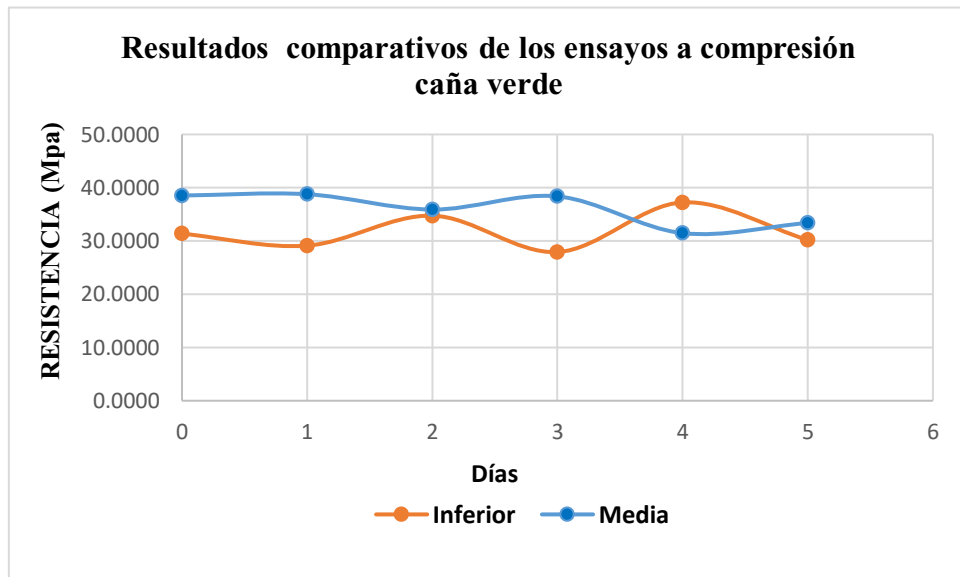
Como se muestra en el gráfico 4, se observan los resultados promedios comparativos de la penetración de la cúrcuma en la caña guadua tanto verde como seca en agua caliente. Recalcando una mayor penetración de cúrcuma en la caña seca de 5.00 mm.

### 3.6.3. Comparación de la resistencia a la compresión (Mpa)

*Tabla 32. Resultados comparativos de la resistencia a compresión en la caña verde*

Días de ensayo	0	1	2	3	4	5
<b>Muestras</b>	<b>Resistencia (Mpa)</b>					
<b>Inferior</b>	31.3645	29.1180	34.7449	27.9176	37.2371	30.1963
<b>Media</b>	38.5270	38.7678	35.8956	38.3685	31.4660	33.37945

*Fuente: Los Autores*



*Gráfico 5. Resultados comparativos de los ensayos a compresión en la caña verde*

*Fuente: Los Autores*

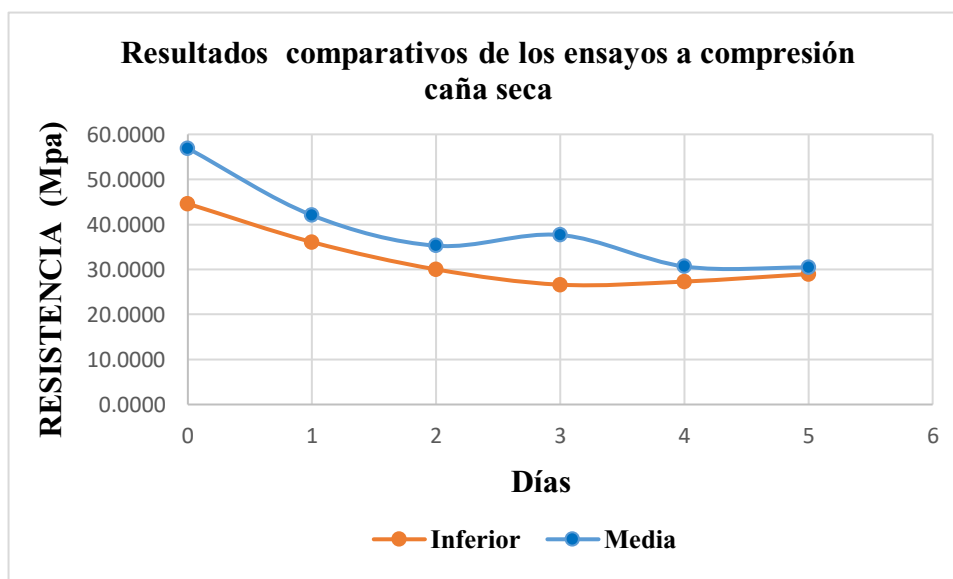
Como se muestra en el gráfico 5, se observan los resultados comparativos de la resistencia a la compresión en la caña guadua verde. Recalcando una mayor resistencia en la parte inferior de 37.2371 Mpa que representa al día cuatro, así mismo se destaca una mayor resistencia en la parte media de 38.7678 Mpa en las muestras sin preservar.



**Tabla 33.** Resultados comparativos de la resistencia a compresión en la caña seca

Días de ensayo	0	1	2	3	4	5
<b>Muestra</b>	<b>Resistencia (Mpa)</b>					
<b>Inferior</b>	44.5949	36.0802	30.0062	26.6088	27.3043	28.9698
<b>Media</b>	56.8952	42.0324	35.2677	37.6478	30.6559	30.4438

*Fuente: Los Autores*



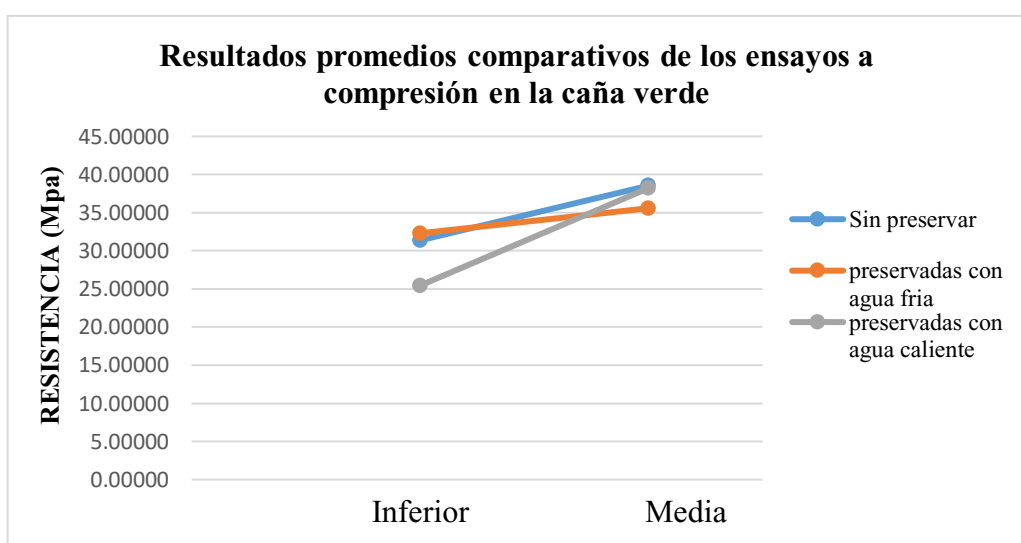
**Gráfico 6.** Resultados comparativos de los ensayos a compresión en la caña seca  
*Fuente: Los Autores*

Como se muestran en los gráficos 6, se observan los resultados promedios comparativos de la resistencia a la compresión en la caña guadua seca. Destacando una mayor resistencia a la compresión de 44.5949 Mpa en la parte inferior de las muestras sin preservar. Así mismo, se destaca una menor resistencia a la compresión de 30.4438 Mpa en la parte media de las muestras preservadas en agua fría.

**Tabla 34.** Resultados promedios comparativos de los ensayos a compresión

Ensayo de Compresión (MPa)	Sin preservar		preservadas con agua fría		preservadas con agua caliente	
	Inferior	Media	Inferior	Media	Inferior	Media
<b>Caña verde</b>	31.36450	38.52700	32.29208	35.57547	25.43600	38.20463
<b>Caña seca</b>	44.59493	56.89521	29.79386	35.20949	27.83461	29.31663

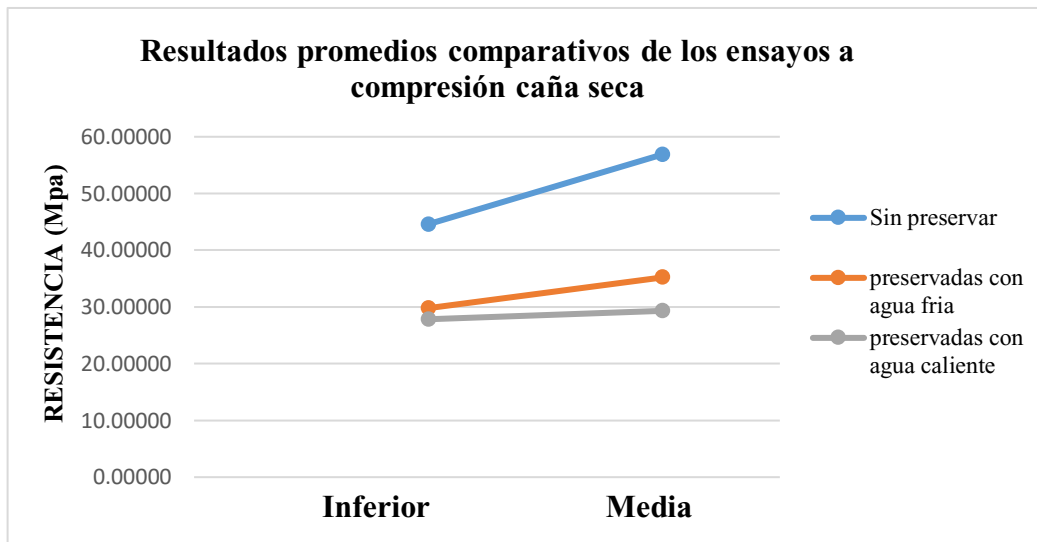
*Fuente: Los Autores*



**Gráfico 7.** Resultados promedios comparativos de los ensayos a compresión

*Fuente: Los Autores*

Como se muestran en los gráficos 7, se observan los resultados promedios comparativos de la resistencia a la compresión en la caña guadua verde. Destacando una mayor resistencia a la compresión de 38.5270 Mpa en la parte media de las muestras sin preservar. Así mismo, se destaca una mayor resistencia a la compresión de 25.43600 Mpa en la parte inferior de las muestras preservadas en agua caliente.



**Gráfico 8.** Resultados promedios comparativos de los ensayos a compresión  
*Fuente: Los Autores*

Como se muestran en los gráficos 8, se observan los resultados promedios comparativos de la resistencia a la compresión en la caña guadua seca. Destacando una mayor resistencia a la compresión de 56.89521Mpa en la parte media de las muestras sin preservar. Así mismo, se destaca una mayor resistencia a la compresión de 27.83461 Mpa en la parte inferior de las muestras preservada en agua caliente.

## CONCLUSIONES

- ❖ Durante la investigación se pudo constatar que la caña preservada es muy utilizada en construcciones de edificaciones como de viviendas, puentes, galpones tanto Nacional como Internacional. Así mismo se pudo confirmar que existen muchos centros de preservados a nivel de Manabí que utilizan el método por inmersión para preservar la caña.
- ❖ Una vez realizado el preservado de las muestras inferiores en agua fría, se observó que en las cañas verdes su mayor penetración la alcanzó en el cuarto día de preservado, al igual que su resistencia a la compresión, mientras que en las cañas secas su mayor penetración la obtuvo en el tercer día y su resistencia la alcanzó en las muestras sin preservar.
- ❖ Una vez realizado el preservado de las cañas verdes y secas en agua fría, se pudo observar que la mayor penetración de bórax y ácido bórico la alcanzó la caña seca en el tercer día con un valor de 6.00 mm de la parte inferior, teniendo una resistencia a la compresión de 26.6088 Mpa. Mientras que la parte media la obtuvo en el quinto día con un valor de 3.50 mm, teniendo una resistencia de 30.4438 Mpa.
- ❖ Una vez realizado el preservado de las cañas verdes y secas por los dos medios, se determinó que el preservado con agua fría alcanza mayor penetración en relación con el agua caliente.

- ❖ En el ensayo de compresión se determinó que la mayor resistencia de las probetas de la parte media la alcanzó en el primer día con un valor 38.7678 Mpa que representa a las caña verde, en relación a la caña seca 56.8952 Mpa que representa a la muestra sin preservar.
  
- ❖ Una vez realizado los ensayos a compresión, se pudo observar que las cañas sin preservar tiene mayor resistencia en su totalidad con respecto a las cañas secas tanto media como inferior, mientras que en las cañas verdes sus resistencias varían de acuerdo a los días de preservados. De igual manera se pudo comprobar que la cúrcuma tiene relevancia en la penetración de bórax y ácido bórico al tener una reacción química que hace que su color amarillo cambié a rojo.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Se deben realizar otras investigaciones sobre la preservación de la caña guadua, con cada una de los métodos de preservado que existen, y así conocer cuál de todos los métodos es el más óptimo para preservar y de esta manera se podrá optimizar costo y tiempo.
- ❖ Se debe dar más apoyo a los centros de preservados ya que por la falta de recursos económico los centros no producen al 100 % como se debería, y mucho más que en la actualidad existe una alta demanda en las construcciones realizadas con guadua.
- ❖ Se debe realizar un protocolo donde todos los centros que preservan la caña guadua tengan todos los pasos y detalles para preservar.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Alvarez, R. (29 de 12 de 2017). *Esta arena deportiva ha sido fabricada únicamente con bambú.*

Obtenido de Magnet: <https://magnet.xataka.com/un-mundo-fascinante/esta-arena-deportiva-ha-sido-fabricada-unicamente-con-bambu-no-contamina-y-es-todo-un-ejemplo-arquitectonico>

ANONIMO. (20 de 04 de 2009). QUIMINET . *USOS DEL BORAX*. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-y-aplicaciones-del-borax-2648516.htm>

ANONIMO. (15 de 02 de 2011). ECOCOSAS. *USOS DEL ÁCIDO BÒRICO*. Obtenido de <https://ecocosas.com/eco-ideas/usos-del-borax/?cn-reloaded=1>

BENÍTEZ, C. (2015). Centro de Productividad de Caña Guadua – para el Cantón la Concordia, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. *(Tesis de Grado)*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito.

Cevallos, R. (27 de 02 de 2010). *Alandaluz, ecología y belleza en Manabí*. Obtenido de El Diario: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/144785>

Checa, K. (2006). ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE BAMBÚ Y SU INCIDENCIA EN LA ECONOMÍA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA. *(Tesis de Maestría)*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Guayaquil.

Cobos, J. &. (2007). Propiedades Físicas - Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del Iasa II. *(Tesis de Grado)*. ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, Sangolquí.

- Cordova, P. (2014). Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la Caña Guadúa *Angustifolia Kunth*. (*Tesis de Grado*). UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, Guayaquil.
- Delgado, E. (2006). Actualidad y futuro de la arquitectura de bambu en Colombia. (*Tesis de Doctorado*). UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA, Barcelona.
- Espinel, J. (2014). La caña Guadúa en el espacio interior. (*Archivo PDF*). Cuenca. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1423>
- Gaviria, F. (28 de 09 de 2010). *El Puente de Guadua de Medellin*. Obtenido de Youth: <http://medellin2013.blogspot.com/2010/09/el-puente-peatonal-en-arco-de.html>
- Gómez, & E. (2015). Construcción Sostenibles a traves de paneles prefabricados de caña guadua y poliuretano. (*Tesis de Grado*). UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito.
- NEC - SE, G. (2016). ESTRUCTURAS DE GUADÚA (GaK). (*Archivo PDF*). Ecuador.
- Palomeque, M. (2009). se requiere un secado para estabilizar sus dimensiones y mejorar la trabajabilidad y acción de los adhesivos. (*Tesis de Grado*). UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ (CEPIRCI), Manabí.
- Posada. (2015). Desarrollo de metodos alternativos de valoración de la calidad de la preservación, empleando salesde borax en la guadua angustifolia kunth. (*Tesis de Grado*). UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, Pereira.
- Rodriguez, F. (04 de 04 de 2013). *Politica Nacional*. Obtenido de Ecuador Inmediato: [http://www.ecuadorinmediatocom/index.php?module?=Noticias&func=new\\_user\\_view&id=192389&umt=Pr%F3xima%Asamblea%20%20%Oratificar%El%20que%20La%20Concordia%20pertenece%20%20Santo%20Domingo%](http://www.ecuadorinmediatocom/index.php?module?=Noticias&func=new_user_view&id=192389&umt=Pr%F3xima%Asamblea%20%20%Oratificar%El%20que%20La%20Concordia%20pertenece%20%20Santo%20Domingo%)



## ANEXOS



Corte de la caña en el guadual



Transportación de la caña del guadual



Corte de la caña guadua en probetas de 20cm de altura



Colocación de las probetas verdes y secas a los tanques para el preservado



Corte de las probetas verdes para aplicarle cúrcuma



Aplicación de cúrcuma para verificar la penetración de bórax y ácido bórico



Corte de las probetas secas y aplicación de la cúrcuma



Medición de temperatura con el termómetro para verificar el preservado en agua caliente



Ensayos a compresión en la máquina universal



Preservado de las cañas secas en agua caliente.



Ensayos a compresión en la prensa para ensayos de hormigón



Penetración de la cúrcuma en la caña guadua