



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**“POTENCIALIDADES DEL BAMBÚ NATIVO
EN COMUNIDADES DE SUCHIAPA,
CHIAPAS.”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
DESARROLLO SUSTENTABLE Y
GESTIÓN DE RIESGOS**

PRESENTA

HECTOR DANIEL LLAVEN JOSÉ

DIRECTORA

DRA. CAROLINA ORANTES GARCÍA



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**“POTENCIALIDADES DEL BAMBÚ NATIVO
EN COMUNIDADES DE SUCHIAPA,
CHIAPAS.”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
DESARROLLO SUSTENTABLE Y
GESTIÓN DE RIESGOS**

PRESENTA

HECTOR DANIEL LLAVEN JOSÉ

DIRECTORA

DRA. CAROLINA ORANTES GARCÍA

CODIRECTOR

DR. GABRIEL CASTAÑEDA NOLASCO

ASESORES

**DR. RUBÉN ANTONIO MORENO MORENO
MTRO. YANN OLIVIER BARNET CHAMPOMIER**

ASESORES EXTERNOS

**DRA. MARÍA SILVIA SÁNCHEZ CORTÉS
DR. ARTURO CARRILLO REYES**



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 14 de enero de 2020

Oficio No. DGIP/0022/2020

Asunto: Autorización de impresión de tesis

C. Héctor Daniel Llaven José
Candidato al Grado de Maestro en Ciencias en
Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos
UNICACH
Presente

Con fundamento en la **opinión favorable** emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **“Potencialidades del bambú nativo en comunidades de Suchiapa, Chiapas”**, mismo que cumple con los criterios metodológicos y de contenido, esta Dirección a mi cargo **autoriza la impresión del documento** en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado de Maestro en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Respetuosamente
“Por la Cultura de mi Raza”

Dr. Ricardo David Estrada Soto
Director General



DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
Y POSGRADO



C.c.p. Lic. Aurora E. Serrano Roblero. Secretaria Académica UNICACH. - Para su conocimiento
Dr. Roberto Horario Albores Arzate. Director de la Facultad de Ingeniería UNICACH. - para su conocimiento
Expediente
*RDES/rags

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mi familia, amigos y compañeros. Pero, sobre todo a Dios, a mis padres Rosa Isela y Mario Avit, a mis hermanos Edgar, Obed y a mi compañera de aventuras Andrea Santizo, a todos muchas gracias por su comprensión, palabras de aliento y apoyo incondicional.

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por su inmensa misericordia, que sin merecerlo me ayuda, acompaña, guía y protege en cualquier lugar donde me encuentre. Gracias por que me ha permitido crecer en diferentes ámbitos de mi vida profesional y personal, brindándome de muchas experiencias y aprendizajes que atesoro en mi corazón.

También agradezco a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNIACH) por abrirme las puertas de tan distinguida institución.

Es muy grato para mi mencionar el apoyo de mis maestros, los cuales me ayudaron, asistieron, orientaron a la culminación de la tesis de investigación y me impulsaron tanto en mi crecimiento académico y personal. Gracias por su valiosa orientación.

A la Dra. Carolina Orantes García, le agradezco por ser una excelente directora de tesis y darme la oportunidad de desarrollar este tema de investigación bajo su tutela, le estoy enteramente agradecido por su apoyo incondicional, instrucción y paciencia, gracias por todo.

Al Dr. Gabriel Castañeda Nolasco, le agradezco su apoyo, consejos e instrucciones, siendo que de forma desinteresada comparte su conocimiento para la formación de nuevas generaciones, sin lugar a dudas, su pasión por desarrollar investigación es digna de admirar.

Al Dr. Rubén Antonio Moreno Moreno, le agradezco su apoyo, comprensión, orientación y observaciones durante el desarrollo de la investigación.

Al Mtro. Yann Barnet y al Arq. Faouzi Jabrane, por transmitir su valioso conocimiento en torno al bambú, su trabajo me ha motivado a desarrollar nuevos y mejores avances entorno a la cadena de valor y construcción con este sorprendente material.

Al Dr. Alberto Muciño Vélez, al Dr. César Armando Guillén Guillén, y a todo el cuerpo académico del Laboratorio de Materiales y Sistemas estructurales de la UNAM, les estoy enteramente agradecido por todo su apoyo.

Al Dr. Arturo Carrillo Reyes y a la Dra. María Silvia Sánchez Cortés, por interesarse en el tema, por sus consejos y sus valiosos comentarios que sirvieron para enriquecer este trabajo.

Agradezco también a las instituciones que me recibieron durante mis estancias de Investigación y me ayudaron a entender, comprender y determinar las características del bambú.

- Componentes y condicionantes de la Vivienda (COCOVI), UNACH, México.
- Instituto de Vivienda Urbanismo y Construcción (IVUC), Lima, Perú.
- Centro del Bambú del Perú, Lima, Perú.
- Laboratorio de Materiales y sistemas estructurales (LMSE), UNAM, México.
- Jardín Botánico Dr. Faustino Miranda, Chiapas, México

Mis más sinceros agradecimientos a los ejidatarios de la Ciénega, en Suchiapa, Chiapas, mismos que son propietarios de las plantaciones silvestres del Guich (*Otatea fimbriata* Soderstrom) un bambú con alto potencial, nativo de Chiapas, México.

Por último, agradezco a todas aquellas personas que de alguna u otra forma aportaron al desarrollo de este trabajo de investigación, ayudándome al compartirme información de forma desinteresada, al acompañarme a los recorridos e instruirme para entender las características tan especiales del bambú.

Hago externa, el inmenso agradeciendo al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por ofrecerme el apoyo económico durante el periodo académico de la Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Y por el apoyo para la movilidad internacional al Instituto de Vivienda, Urbanismo y Construcción (IVUC) en Lima, Perú. Gracias por contribuir al desarrollo de este proyecto de investigación.

Les estoy enteramente agradecido.

El bambú, sin lugar a dudas, es un regalo de Dios.

ÍNDICE

Índice de Figuras	I
Índice de Cuadros	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	4
III. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. Taxonomía del bambú	7
3.2. Distribución del Bambú en México.....	8
3.3. Características Botánicas del bambú.....	11
3.3.1 Rizoma	12
3.3.2. Culmo	14
3.3.3. Ramas y hojas.....	18
3.3.4 Florescencia	20
3.4. Métodos de Propagación del bambú.....	20
3.4.1 Propagación por semillas (propagación sexual).....	20
3.4.2 Propagación vegetativa (propagación asexual).....	21
3.5 Ambiente Natural para el crecimiento de Bambú.....	23
3.5.1 Hábitat	23
3.5.2 Suelos.....	24
3.5.3 Clima	24
3.6 Corte y Proceso de Secado	25
3.6.1 Corte.....	25
3.6.2 Proceso de secado.....	27
3.7 Plagas y Enfermedades	29
3.8 Métodos para preservar bambú	31
3.8.1 Métodos tradicionales.....	31
3.8.2 Métodos químicos	32
3.9 La Etnobotánica.....	35

3.9.1 Conocimiento ecológico tradicional	36
3.9.2 Usos y aprovechamiento de las especies de bambú en México	37
3.10 Desarrollo Sustentable.....	40
3.10.1 Sostenible o sustentable.....	42
3.10.2 Dimensiones de la Sustentabilidad.....	43
IV. OBJETIVOS	47
OBJETIVO GENERAL	47
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	47
V. HIPÓTESIS.....	47
VI. METODOLOGÍA.....	48
6.1 Descripción del área de estudio.....	48
6.1.1 Toponimia.....	48
6.1.2 Localización.....	48
6.1.3 Entorno Físico	49
6.1.4 Vegetación.....	53
6.1.5 Fauna	54
6.1.6 Elementos Demográficos.....	54
6.2 Trabajo de Gabinete y Visita Prospectiva	56
6.3 Método Etnográfico.....	56
6.4 Ubicación de las Especies de Bambú	58
6.5 Determinación taxonómica de las Especies de Bambú	58
6.6 Determinación de Propiedades físicas y mecánicas de <i>Otatea</i> <i>fimbriata</i> Soderstrom.....	60
6.6.1 Selección del material.....	61
6.6.2 Identificación de culmos y corte de probetas.....	62
6.6.3 Corte y preparación de probetas	63
6.6.4 Introducción a los ensayos	65
6.6.5 Ensayos para determinar las propiedades físicas	67
6.6.6 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas	71
6.7 Análisis y evaluación de resultados	78
6.7.1 Conocimientos Ecológicos Tradicionales	78

6.7.2 Propiedades Físico-Mecánicas.....	78
VII. RESULTADOS	80
7.1 Especies de bambú nativas	80
7.2 Usos del Bambú nativo	82
7.3 Propiedades físicas y mecánicas de <i>Otatea fimbriata</i> Soderstrom	86
7.3.1 Propiedades Físicas	86
7.3.2 Propiedades Mecánicas	87
VIII. DISCUSIÓN	90
8.1 Usos de especies nativas	90
8.2 Propiedades físicas y mecánicas de <i>Otatea fimbriata</i> Soderstrom.....	92
8.2.1 Propiedades físicas	92
8.2.2 Propiedades mecánicas.....	93
IX. CONCLUSIONES	97
X. LITERATURA CITADA	99
XI. ANEXOS.....	110

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución natural de los bambúes en el Mundo.....	7
Figura 2. Distribución de especies de bambúes en México	9
Figura 3. Partes que integran a una planta de Bambú.....	11
Figura 4. Detalles de los tipos de rizomas encontrados en los Bambúes.....	13
Figura 5. Sección de culmo de bambú donde se aprecia que el grosor de la caña aumenta hacia adentro y se endurece con el paso de los años.....	15
Figura 6. Crecimiento telescópico de las cañas de bambú, conservando su diámetro inicial.	16
Figura 7. El nudo de la caña de bambú es siempre macizo. 1- tejidos. 2- entrenudos. 3- nudos	16
Figura 8. Corte transversal de una caña, donde se muestran su estructura interna. 1-Haces vasculares, 2- Parénquima, 3-Fibras.	17
Figura 9. Tipos de hojas que presentan los bambúes leñosos.....	19
Figura 10. Mejor momento de corte es durante la Luna menguante, porque disminuye la actividad interna de las cañas de bambú.	26
Figura 11. Corte incorrecto y el corte correcto de la caña de bambú.....	26
Figura 12. Secado natural al Sol de los culmos de bambú.....	27
Figura 13. En el secado a fuego directo, los culmos de bambú deben girarse para un efecto uniforme	28
Figura 14. Secado al horno con los culmos de bambú en posición vertical.....	28
Figura 15. Secado de culmos de bambú empleando una estufa solar.	29
Figura 16. Tratamiento por inmersión con sales de bórax y ácido bórico.....	33
Figura 17. Tratamiento por el Método Bouchieri (por gravedad).	34
Figura 18. Tratamiento por el Método Boucherie modificado (por presión)	35
Figura 19. Dimensiones Generales del Desarrollo Sustentable.	44
Figura 20. Localización de la Zona de Colecta de <i>Otatea fimbriata</i> Soderstrom.	49
Figura 21. Fisiografía presente en el municipio de Suchiapa, Chiapas.	49
Figura 22. Hidrografía presente en el municipio de Suchiapa, Chiapas.	50
Figura 23. Geología presente en el municipio de Suchiapa, Chiapas	50
Figura 24. Edafología presente en el municipio de Suchiapa, Chiapas.....	51
Figura 25. Climas predominantes en la zona correspondiente al municipio de Suchiapa, Chiapas	52
Figura 26. Temperaturas máximas promedio mayo – octubre. Y Temperaturas máximas promedio noviembre – abril encontradas en el municipio de Suchiapa, Chiapas.	52

Figura 27. Temperaturas mínimas promedio mayo – octubre. Y Temperaturas mínimas promedio, noviembre – abril encontradas en el municipio de Suchiapa, Chiapas.....	52
Figura 28. Precipitación media promedio mayo – octubre. Precipitación media promedio noviembre – abril presentes en el municipio de Suchiapa, Chiapas.....	53
Figura 29. Vegetación y uso de suelo del municipio de Suchiapa, Chiapas.....	54
Figura 30. Estado de madurez de <i>O. fimbriata</i> (Guich).	61
Figura 31. Nomenclatura para la identificación de las diferentes probetas para los ensayos.	62
Figura 32. Proceso de corte de las probetas a compresión paralela a la fibra haciendo uso de la sierra ingletadora procurando siempre la paralelidad del corte y mediante el enmascarado con cinta adhesiva en la zona del corte se garantizó un corte preciso sin desprendimiento de fibra.	63
Figura 33. Proceso de corte de probetas para los ensayos a Flexión paralela a la fibra empleando la sierra ingletadora.	63
Figura 34. Proceso de corte de las probetas a Tensión paralela a la fibra mediante el empleo de la sierra de banco para el corte longitudinal y el uso del dremel para cortes finos y obtener las reglillas longitudinales, mediante la lija de banco se procedió a perfeccionar las caras de cada probeta.	64
Figura 35. Procedimiento de determinación de peso húmedo y volumen verde de las probetas después de los ensayos mecánicos. a) Peso verde secciones de probetas; b) Determinación del volumen de los especímenes.....	64
Figura 36. Equipos del Laboratorio de Materiales y Sistemas estructurales de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. a) Equipo con el Software incorporado, c) Máquina de prueba a compresión INSTROM modelo 400RD-E1-H2 20 ton, d) Máquina de pruebas Universales INSTRON modelo 400HVLB14362-G2A-C3-D28 Cap. 200 ton.....	65
Figura 37. Calibración de las Máquinas. a) Calibración Máquina de prueba a compresión INSTROM modelo 400RD-E1-H2 80 Ton; b) Calibración Máquina de pruebas Universales INSTRON modelo 400HVLB14362-G2A-C3-D28 Cap. 200 Ton.	66
Figura 38. Procedimiento de determinación de peso húmedo de las probetas después de los ensayos mecánicos.....	68
Figura 39. Proceso de secado de las probetas empleando el horno eléctrico. a) Colocación de las probetas en las bandejas del horno; b) Colocación de las bandejas con las probetas en el horno a una temperatura de 103 °C.....	68
Figura 40. Microscopia Electrónica de sección transversal del culmo de <i>Otatea fimbriata</i> Soderstrom.....	69

Figura 41. Procedimiento de determinación del volumen de las probetas mediante el método de inmersión.	70
Figura 42. Dimensiones de la probeta en ensayos a compresión. a) Con nudo b) Sin nudo.	71
Figura 43. Probetas para ensayos a compresión a) con nudo b) sin nudo.	72
Figura 44. Proceso de medición de las probetas a compresión paralela a la fibra.	72
Figura 45. Montaje de las probetas en la máquina de ensayos a compresión. a) Colocación de la probeta; b) Falla en probeta a compresión.	73
Figura 46. Probetas empleadas para el ensayo a flexión paralela a la fibra.	74
Figura 47. Esquema de las pruebas de flexión estática con bambú.	74
Figura 48. Proceso de ensayo a flexión a tres puntos. a) Montaje de la probeta en la máquina, garantizando la longitud efectiva entre soportes de 500 mm; b) Deflexión en la probeta producto de la carga puntual.	75
Figura 49. Probeta para ensayo a tensión. a) Geometría de los especímenes con nudo y sin nudo, b) Sección longitudinal.	76
Figura 50. Proceso de evaluación de la resistencia máxima a tensión paralela a la fibra de <i>Otatea fimbriata</i> . a) Probetas de la sección inferior, media y superior en especímenes con nudo y sin nudo. b) Principal falla en el nudo encontrado en las probetas.	77
Figura 51. Ejemplar de Guich (<i>Otatea fimbriata</i>), colectado en el ejido de la Localidad de la Ciénega, Suchiapa. A) Ejemplar herborizado, B) ejemplar <i>in situ</i>	80
Figura 52. A) Bambú nativo de Chiapas conocido como Otate (<i>Guadua amplexifolia</i>). B) Su forma de crecimiento formando manchones encontrado en el arroyo de Nandayalu, Suchiapa.	81
Figura 53. Colecta perteneciente a la especie conocida como Pituti (<i>Laciasis acabrior</i> Hitchc). A) Ejemplar herborizado, B) Fotografía de sus frutos carnosos en forma esférica del Pituti.	81
Figura 54. Relación de las Edades de los ejidatarios con su tiempo de usos de las especies de bambú en la zona.	82
Figura 55. Conocimiento de las especies de bambú presentes en la zona.	83
Figura 56. Especies que los ejidatarios mencionan que se encuentran en la zona.	83
Figura 57. Usos de las especies nativas de la zona.	84
Figura 58. Diferentes formas de empleo del Guich (<i>Otatea fimbriata</i>), como en a) Herramientas agrícolas en las coas y b) utensilios domésticos en los palos de escoba de palma. Resaltando además su uso en la construcción de casas esto en el sistema bajareque. En c) Paredes, d) Cubiertas para sostener las tejas.	85

Figura 59. Principales eventos que han afectado y afectan a las poblaciones de <i>Otatea fimbriata</i> (Guich) a través de los años.....	86
Figura 60. Comparación de la resistencia máxima ($\sigma_{ult, MPa}$), promedio por sección de los culmos en compresión paralela la fibra de <i>Otatea fimbriata</i> . Las líneas verticales sobre las barras representan error estándar de la media y las letras distintas sobre las barras son diferencias significativas ($p<0.05$).....	88
Figura 61. Comparación de la resistencia última ($\sigma_{ult, Mpa}$), promedio por sección de los culmos en flexión paralela la fibra de <i>Otatea fimbriata</i> . Las líneas verticales sobre las barras representan error estándar de la media y las letras distintas sobre las barras son diferencias significativas ($p<0.05$).....	89
Figura 62. Comparación de del esfuerzo último ($\sigma_{ult, Mpa}$), promedio por sección de los culmos en Tensión paralela la fibra, en especímenes con nudo y sin nudo de <i>Otatea fimbriata</i> . Las líneas verticales sobre las barras representan error estándar de la media y las letras distintas sobre las barras son diferencias significativas ($p<0.05$).....	90

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Clasificación de los bambúes según las características de los rizomas.....	14
Cuadro 2. Especies de Bambú más rentables en México.	38
Cuadro 3. Descripción de los usos de las especies de bambú más utilizadas en México.....	39
Cuadro 4. Localidades del municipio de Suchiapa y su grado de marginación.	55
Cuadro 5. Fases de la entrevista.....	57
Cuadro 6. Número de probetas para cada uno de los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de <i>Otatea fimbriata</i>	66
Cuadro 7. Coeficientes de Chauvenet.....	79
Cuadro 8. Densidad básica (Kg/M^3) de <i>Otatea fimbriata</i> , por sección del culmo.	87
Cuadro 9. Esfuerzo Máximo ($\sigma_{ult, MPa}$), en Compresión Paralela a la fibra, en condición seca con nudo y sin nudo de <i>O. fimbriata</i> de Suchiapa, Chiapas, México.....	87
Cuadro 10. Resistencia última ($\sigma_{ult, MPa}$), en Flexión Paralela a la fibra, en condición seca de <i>O. fimbriata</i> de Suchiapa, Chiapas, México.....	88
Cuadro 11. Esfuerzo Último ($\sigma_{ult, MPa}$), en Tensión Paralela a la fibra, en condición seca con nudo y sin nudo de <i>O. fimbriata</i> de Suchiapa, Chiapas, México.....	89

RESUMEN

En el presente trabajo se registran las especies de bambúes nativos localizadas en el municipio de Suchiapa, Chiapas, México. Se propone que, por sus características y cualidades, presentan altas potencialidades para ser aprovechadas por las personas de la comunidad. Se hace énfasis en la identificación, perspectivas actuales de uso, aprovechamiento y se denota la caracterización física y mecánica de una especie útil en la construcción. Se aplicaron entrevistas semiestructuradas y visitas de campo para registrar el conocimiento tradicional sobre las especies presentes en la zona, mediante un análisis descriptivo de la información con la categorización y frecuencia de elementos. Además, para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la especie *Otatea fimbriata* Sonderstrom (*Guich*) se siguieron los requerimientos de la Norma Técnica Colombiana NTC-5525, ensayándose muestras con nudo y sin nudo de la parte inferior, media y superior de los culmos de bambú; dentro de los valores promedio resultantes se obtuvieron: 1) para el ensayo a compresión paralela a las fibras 45.28 MPa, observándose un incremento en la resistencia de la parte inferior a la superior, 2) en el ensayo a flexión paralela a la fibra el valor de 59.63 MPa, y finalmente 3) en las pruebas de tensión paralela a las fibras el valor es de 100.38 MPa, presentándose el mismo incremento de resistencia de manera ascendente de los valores, mismos que son comparables a las del género *Guadua* (idónea para la construcción) encontrados en la bibliografía. En la actualidad existe poco conocimiento sobre las especies nativas, lo que ocasiona que estas especies vengas a ser poco valoradas, llegando a ser de mayor importancia el uso de especies introducidas. Las evidencias de uso y los resultados de las características tecnológicas de la especie presentan las amplias y muy diversas potencialidades para su aprovechamiento en la conformación de elementos constructivos.

PALABRAS CLAVE: Bambú nativo, potencialidades, comunidades, medio ambiente, resistencia.

ABSTRACT

In this work the native bamboo species located in the municipality of Suchiapa, Chiapas, Mexico are registered. It is proposed that, due to their characteristics and qualities, they have high potential to be exploited by people in the community. Emphasis is placed on the identification, current perspectives of use, exploitation and the physical and mechanical characterization of a species useful in construction. Semi-structured interviews and field visits were applied to record traditional knowledge about the species present in the area, through a descriptive analysis of the information with the categorization and frequency of elements. In addition, for the determination of the physical and mechanical properties of the *Otatea fimbriata* Sonderstrom (Guich) species, the requirements of the Colombian Technical Standard NTC-5525 were followed, testing samples with knot and without knot of the lower, middle and upper part of the bamboo culms; within the resulting average values were obtained: 1) for the compression test parallel to the fibers 45.28 MPa, observing an increase in strength from the bottom to the top, 2) in the test parallel flexural to the fiber the value of 59.63 MPa, and finally 3) in the tests of parallel tension to the fibers the value is 100.38 MPa, presenting the same upward strength increase in the values, which are comparable to those of the *Guadua* genus (ideal for construction) found in the bibliography. At present there is little knowledge about native species, which causes these species to become undervalued, becoming more important the use of introduced species. The evidences of use and the results of the technological characteristics of the species present the wide and very diverse potential for its use in the conformation of constructive elements.

KEY WORDS: Native bamboo, potential, communities, environment, resistance.

I. INTRODUCCIÓN

El bambú es una planta perteneciente a la familia botánica de las gramíneas (Poaceae), a la tribu Bambusae de la subfamilia Bambusoideae, quienes por su gran variedad de formas y tamaños conforman la subfamilia más diversa de las gramíneas. Siendo estas, a diferencia de la gran mayoría, grandes y robustas (Cortés, 2000). Taxonómicamente los bambúes se agrupan en tres tribus; Olyreae (que agrupa a los bambúes herbáceos), Arundinarieae (bambúes leñosos templados) y Bambuseae (bambúes leñosos tropicales) (Bamboo Phylogeny Group [BPG], 2012; Ruiz-Sanchez, 2009; Sungkaew *et al.*, 2009).

A nivel mundial se han registrado alrededor de 119 géneros y más de 1,640 especies de bambú, encontrándose en los bosques con rangos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta los 4,300 m.s.n.m. (Clark *et al.*, 2015; Ruiz-Sanchez, 2015a; Vorontsova *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2008). En México existen 56 especies de bambúes nativos (52 especies leñosas y 4 herbáceas); siendo 35 de éstas endémicas y 16 han sido descritas recientemente como especies nuevas (INECOL, 2013; Mejía-Saules, 2016). Por su parte, Chiapas está representado por 33 especies de bambúes distribuidas en 11 géneros (8 leñosos y 4 herbáceos) dentro de las cuales se encuentran 11 endémicas (Ruiz-Sanchez, 2018) y 23 especies nativas; siendo el estado de mayor importancia en cuanto a estas especies (Cedeño-Valdiviezo y Irigoyen-Castillo, 2011).

El bambú es una planta que aporta múltiples beneficios para el ambiente y el hombre (Riquelme *et al.*, 2009): ecológicamente, ofrece la posibilidad de bajar la huella ecológica de las edificaciones, lo que resulta importante para uno de los sectores industriales más contaminantes del planeta (Morán, 2015a), siendo así un poderoso aliado contra las recientes afectaciones producto del cambio climático, útil para estabilizar laderas, para la conservación y mejoramiento de la calidad del aire (genera 35% más oxígeno que otros árboles de las mismas dimensiones), para captar mayor cantidad de carbono (más de 50 ton/ha/año), combatir la erosión de suelos y reciclar nutrientes, contribuye a la reforestación y recuperación de áreas degradadas, jugando

un papel importante como regulador hídrico; además de albergar flora y fauna local formando parte de la belleza escénica (Pérez *et al.*, 2009; Riquelme *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2009; Ruiz, 2015a; Sánchez, 2011; Lozano, 2012; Añazco, 2013; Peña, 2015; González, 2017). Siendo además un elemento constitutivo de la cultura y las artes de las regiones del planeta donde se ha dado naturalmente (Peña, 2015a).

Es posible que debido a todos los beneficios anteriormente mencionados, el 76% de las especies que se encuentran en México presentan algún uso, como menciona Rodríguez *et al.* (2009), quien registra un total de 66 usos diferentes, agrupados en 18 categorías: alimento, artesanías, cerca viva-sombra para ganado, cestería, construcciones rústicas, construcciones de vivienda, forraje, herramienta de trabajo, instrumentos musicales, leña, medicinal, muebles, objetos personales, objetos religiosos, ornato, papel, restauración ecológica y utensilios domésticos; siendo posiblemente el uso más interesante y con mayor impacto del bambú, la construcción de viviendas, pues considerando el déficit de vivienda en México, puede ser una alternativa de bajo costo en un sector muy amplio de la población al ser un recurso natural, sostenible y renovable con amplias características que hacen de este un material de alta tecnología dotado de resistencia, ligereza, flexibilidad y de un rápido crecimiento (Ordóñez, 1999); además de constituir un material vegetal barato, fácil de cultivar, y con reconocida tradición en otros países (Ordóñez y Bárcenas, 2014).

A pesar de los múltiples usos del bambú y que su empleo en México se remonta hasta los tiempos prehispánicos y sigue siendo útil en la construcción de casas hasta hoy en día (Cortes, s/f en bambumex.org); poco se sabe sobre la gran diversidad de especies de bambúes nativos, así como sí están siendo empleadas por los habitantes de las comunidades y el conocimiento sobre sus amplias y muy variadas características. Es muy probable que estén siendo poco valoradas y que incluso estén pasando desapercibidos; pues tanto a nivel Estatal como Nacional se he priorizado el cultivo, distribución y explotación de especies leñosas introducidas que por sus características físico-mecánicas conocidas y empleo mundial se apoderan del mercado, desplazando y despreciando a las especies nativas; lo cual se traduce en la pérdida de

conocimientos ancestrales, pues las especies introducidas llegan al territorio como producto comercial (ornamento y construcción); para la reforestación de zonas devastadas por la tala excesiva y/o para combatir la erosión de los suelos, dejando a un lado las especies nativas que durante décadas han sido utilizadas en las distintas regiones del Estado, en donde se reproducen en forma abundante en las riveras de cuerpos de agua (ríos, lagos, arroyos) y son utilizados por los lugareños para levantar sus viviendas.

Dicho desinterés tiene su origen en la falta de información tecnológica del bambú en México (Ordóñez, 1999). Además de la inexistencia de procesos industriales que demanden el uso de bambúes nativos como materia prima y de la pobre propagación de estas especies en la región (Ovando y Sánchez, 2005); lo cual tiene como consecuencia el cambio del uso de las especies nativas y sistemas tradicionales por materiales industrializados para la construcción, caracterizados por sus altos costos se encuentran disponibles sólo para una minoría, generando altos impactos en el medio ambiente en sus procesos de producción y construcción, mientras que las especies nativas representan un recurso vegetal fácilmente renovable que se reproduce de forma silvestre, con gran potencial en sus múltiples usos y con las mismas características vegetativas que las especies introducidas.

Sin duda, esta extraordinaria planta representa una potencial alternativa para el desarrollo integral de sus habitantes, elevando los niveles de resiliencia en las comunidades, regiones, ecosistemas y preservando el respeto por los saberes populares donde prevalecen la cultura e identidad de los pueblos.

Debido a lo anteriormente mencionado, el presente estudio se realizó en el municipio de Suchiapa, identificándose dos especies nativas: *Otatea fimbriata* (Guich) y *Guadua amplexifolia* (Otate), desarrollándose solamente en la primera las pruebas de resistencia al ser la de mayor representación en la zona y encontrándose evidencias de empleo en la construcción. Mediante las pruebas se dio a conocer sus propiedades físicas y mecánicas de fuerza y resistencia, las cuales comprueban su idoneidad para su uso como elemento constructivo.

II. ANTECEDENTES

A lo largo de los años se han presentado diversos estudios que hacen énfasis en denotar el gran potencial que abarca el aprovechamiento de los bambúes nativos en México, en todas sus fases de desarrollo. A continuación, se hace un recuento de las investigaciones al respecto:

Ordoñez (1999), trabajó sobre las “Perspectivas del bambú para la construcción en México”, donde presenta un panorama sobre el uso del bambú en México y las perspectivas que se tienen de este material. Señala las propiedades mecánicas de la Guadua, y las características que hacen del bambú un material idóneo para ser usado en la construcción de viviendas. Mediante su investigación abre el panorama a futuras investigaciones para indagar al respecto sobre las propiedades constructivas de tan bondadosa planta. Estas plantas son de gran importancia ya que pueden llegar a impactar en la forma de vida de las personas y para su medio ambiente inmediato. Ya que se pueden emplear en la construcción de sus edificaciones o ser empleadas de diversas formas. En conclusión, se presenta al bambú como un recurso con muchas ventajas sobre varias especies maderables en cuanto a propiedades mecánicas, su crecimiento superior y su rendimiento por hectárea, presentando a la vez efectos benéficos al suelo como evitar o detener la erosión e incrementa la retención de agua en el subsuelo por su sistema de raíces, por otro lado, se cuentan los beneficios económicos del aprovechamiento del bambú para la utilización en diversas aplicaciones.

Cortés (2000), realizó un estudio sobre “Los bambúes nativos de México”, donde hace una descripción detallada de las características de las especies de bambú nativo presentes en el territorio, que se ven reflejadas en una lista. Producto de esa lista se mencionan que en México están presentes 35 especies, de las cuales 14 son endémicas, esto quiere decir que sólo crecen en México y en ninguna otra parte más del mundo. Desarrollando además un desglose de las características propias de las especies, un mapa de distribución en el territorio nacional y los usos potenciales presentes en las zonas.

Rodríguez *et al.* (2009), desarrollaron un estudio sobre “Usos actuales, distribución y etnolingüística de los bambúes leñosos (bambuseae) en México”, en el cual se llevó a cabo la identificación de especies, distribución geográfica y nombres locales de las especies, así como la relación de este recurso con la población, también se determinó que las especies de bambú en México constituyen una importante fuente de recursos naturales. Señalan que en México habitan 45 especies, 4 subespecies y una variedad de 11 géneros de la tribu Bambuseae o bambú leñoso, 36 son nativas con un endemismo mayor al 40%. Siendo además que estos forman parte de la vida de las personas lo cual se representa una opción para su aprovechamiento lo que se traduce en un beneficio económico para la población. En general, las especies de bambú en México constituyen una importante fuente de recursos naturales, sin embargo, es necesario aumentar la eficiencia en la utilización de todas las especies para obtenerse mayor beneficio del que se tiene actualmente. Para esto, igualmente es necesario que se estudien a profundidad las características biológicas y ecológicas de las mismas, principalmente de las nativas, ya que dicho conocimiento permitiría mejorar su aprovechamiento.

Cedeño y Irigoyen (2011), en su artículo científico titulado “El bambú en México”, presenta el panorama sobre el uso del bambú en el territorio nacional, así como las características que los identifican y las diversas aplicaciones en la construcción de espacios habitables. Resalta además que pese al empleo y renombre mundial de las especies introducidas se opte por la utilización y reconocimiento de las especies nativas. Los bambúes nativos vienen a ser de suma importancia y de gran relevancia para las comunidades donde esta planta nace de forma silvestre en sus condiciones medioambientales específicas, se pueden aprovechar de diversas maneras, haciéndolo esencial para mejorar la calidad de vida de los habitantes, esto empleándolo en la construcción ya sea de sus espacios habitables o bien diversas herramientas y objetos de uso diario.

Dávila y Brugger (2012), en su trabajo “El aprovechamiento del bambú para impulsar el desarrollo económico sustentable en México”, explican la importancia que tienen y llegan a tener los bambúes para los ecosistemas y hace énfasis en su

aprovechamiento para impulsar el desarrollo económico. Siendo que los bambúes leñosos habitan en más de la mitad del territorio, están presentes en 23 de los 36 estados de la República Mexicana y sin embargo son subutilizados. Denotando a la vez los diferentes usos presentes para las especies, y el sinfín de aplicaciones en la vida diaria de millares de millones de personas. Viendo un recurso renovable y con amplias potencialidades para su aprovechamiento. También destaca la ventaja de ser una planta que ayuda mucho a los ecosistemas, como elemento crítico en el balance entre oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera. Ayudan al control de la erosión y la protección de la superficie del suelo. Todo ello permite pensar en que el bambú es una excelente alternativa para impulsar un desarrollo económico rural sustentable que puede generar importantes beneficios para dicha población.

Esezarte (2016), en su investigación “Presente, pasado y futuro del bambú en México”, se muestra la transición histórica que han precedido a los conocimientos actuales del bambú como recurso natural renovable en México; enfatizando en las perspectivas actuales de uso y aprovechamiento, además de la importancia en la conservación de los ecosistemas naturales. Siendo de igual forma que se hace referencia en las acciones para obtener más y mejores resultados en la comercialización e industrialización del bambú desde el punto de vista de las condiciones sociales y económicas de las poblaciones de México. Se concluye que por las condiciones naturales presentes en el territorio mexicano los bambúes juegan un papel importante dentro de las actividades económicas y contribuyen en el mejoramiento de la calidad de vida en las comunidades rurales combatiendo la pobreza sin comprometer el equilibrio ambiental.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Taxonomía del bambú

Los bambúes son plantas de la familia de las gramíneas (Poaceae) y a la subfamilia Bambusoideae (Londoño, 2002). Algunos son herbáceos y otros leñosos, que desarrollan varios culmos (cañas o tallos) al año, con alturas que van desde 1 hasta 60 m de altura y un diámetro de hasta 30 cm cerca de la base. Casi todos son erectos, aunque algunas especies tienen tallos flexionados en las puntas, unos crecen en forma aglutinada, formando espesuras impenetrables y otros en forma lineal (CONAFOR, 2002a).

En el planeta existen cerca de 119 géneros y más de 1,640 especies de bambú, encontrándose en los bosques en un rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 4,300 m.s.n.m. (Clark *et al.*, 2015; Ruiz-Sanchez, 2015a; Vorontsova *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2008). Taxonómicamente los bambúes se agrupan en tres tribus; Olyreae (que agrupa a los bambúes herbáceos), Arundinarieae (bambúes leñosos templados) y Bambuseae (bambúes leñosos tropicales) (Bamboo Phylogeny Group [BPG], 2012; Ruiz-Sanchez, 2009; Sungkaew *et al.*, 2009). Los bambúes son muy conocidos en Asia, considerándola como la planta de los mil usos (INECOL, 2013; Sánchez, 2015a). Los bambúes son nativos de todos los continentes, excepto la Antártida y Europa (Figura 1) (Clark, Londoño y Ruiz, 2015b).

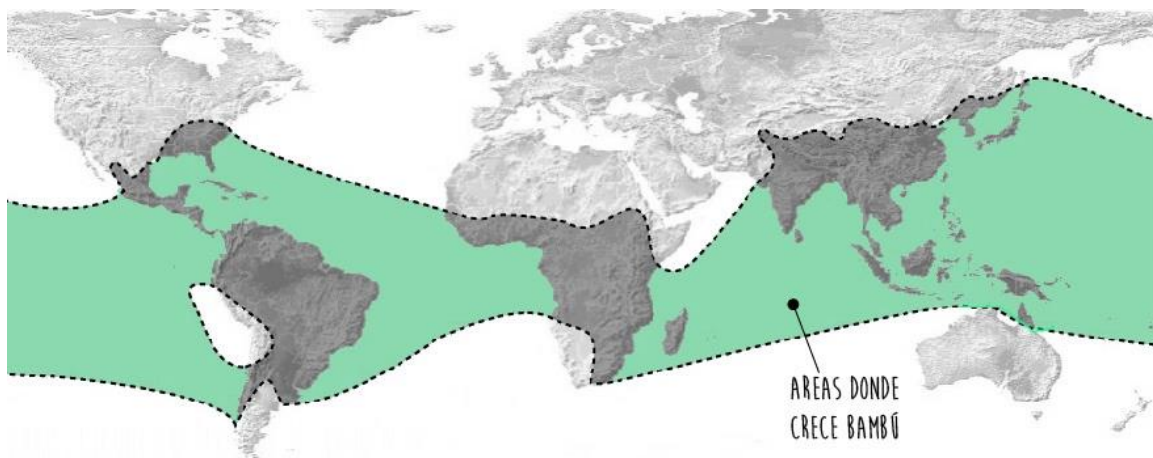


Figura 1. Distribución natural de los bambúes en el Mundo (<https://bambuterra.com.mx/que-es-el-bambú>).

Se distribuyen desde los 51° de latitud Norte hasta los 47° latitud Sur y desde el nivel del mar hasta los 4300 m. de altura, con su máxima altura reportada en los Andes ecuatorianos en la formación conocida como “Páramo” (Sánchez, Espuna y Roux, 2016). En términos de precipitación se desarrollan en zonas desde 1,000 hasta 5,000 mm al año. Lo anterior muestra un amplio rango de hábitat en los cuales el bambú se desarrolla (Pérez *et al.*, 2009).

El continente americano ocupa el segundo lugar en abundancia de especies de bambú, antecedido por Asia. De los países americanos, Brasil tiene la mayor cantidad de especies con alrededor de 140, seguido de Venezuela con 68 especies y Colombia 72, México se encuentra en el sexto lugar con 39. A lo largo del continente americano los géneros dominantes son: *Elytostachys*, *Arthrostylidium* y *Guadua*. Las 26 especies de este último género se distribuyen desde el centro de México hasta el norte de Argentina, de 0 a 2200 metros sobre el nivel del mar (Zaragoza *et al.*, 2014).

3.2. Distribución del Bambú en México

México alberga a 56 especies de bambúes nativos (52 especies leñosas y 4 herbáceas), 35 de éstas son endémicas y 16 han sido descritas recientemente como especies nuevas (INECOL, 2013; Mejía-Saules, 2016). Los bambúes leñosos habitan en más de la mitad del territorio nacional en 23 de los 36 estados de la República Mexicana (Rodríguez, 2005). Es la tercera zona con mayor diversidad de especies de bambú leñoso del continente americano (Rodríguez *et al.*, 2009).

Los estados con la mayor riqueza de especies de bambú son: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Jalisco y Nayarit; en estas seis entidades se encuentra la mitad de las especies del país. Además, en Veracruz, Oaxaca y Chiapas se ubica el 70 % de las especies endémicas, es decir, que exclusivamente se distribuyen en dichos estados. Un análisis por estado de especies de bambúes nativos señala a Chiapas como el estado de mayor importancia, aunque es Oaxaca el estado con el mayor número de especies endémicas y escasas poblaciones. En Veracruz han sido realizados numerosos trabajos de campo, sobresaliendo la zona montañosa de los alrededores de Orizaba y Xalapa (Cortés 2007, Cedeño y Irigoyen 2011).

Los bambúes nativos de México son casi desconocidos (Cortés, 2000) y se distribuyen principalmente en las zonas tropicales del país, pero algunas especies también habitan en altas altitudes y en zonas templadas y frías (INECOL, 2013b). Crecen en diversos tipos de bosques, como el bosque mesófilo de montaña que rodea a Xalapa, en el bosque de pino-encino, en el bosque tropical perennifolio, bosque tropical caducifolio y en el matorral xerófilo. Crecen desde el nivel del mar y hasta los 3000 metros, en montañas altas como el Cofre de Perote, el volcán Tacaná en Chiapas y en el Iztaccíhuatl en el Estado de México (Figura 2) (Ruiz-Sanchez, 2015b).

También se han introducido cerca de 30 especies, principalmente de California y de Colombia (Cedeño y Irigoyen, 2011).



Figura 2. Distribución de especies de bambúes en México (CONAFOR, 2002).

Los géneros de bambú que existen en México son: *Aulonemia*, *Arthrostyidium*, *Guadua*, *Chasquea*, *Merostachys*, *Olmeca*, *Otatea* y *Rhipidocladum* (Cortés, 2000).

Sobresalen las llamadas comúnmente guaduas, cañizo y caña brava, representados en México por el género *Guadua* que son las más grandes y frondosas, con cinco especies nativas: *G. aculeata*, *G. amplexifolia*, *G. longifolia*, *G. paniculata* y *G. velutina*. Estas especies se distribuyen principalmente en la zona central del país y en zonas cálidas, encontrándose naturalmente en selvas húmedas, a orillas de ríos y

arroyos. Su uso principal ha sido en la construcción de viviendas rurales, paredes, alfajías, puertas y ventanas, entre otras. La más importante es *G. aculeata*, con ejemplares o culmos más grandes y frondosos que llegan a tener 25 m de altura y 25 cm de diámetro (CONAFOR, 2002; Cortés, 2000; Zaragoza *et al.*, 2014). La presencia de espinas en los nudos de los tallos y las ramas es una característica para distinguir las especies de *Guadua* de otros bambúes nativos (Rodríguez, 2000; Valdiviezo y Castillo, 2011).

El género *Otatea* con dos especies, es el bambú leñoso nativo de México más abundante en cuanto a sus poblaciones; ocupa grandes superficies en donde frecuentemente es la única planta que crece. *O. acuminata* es la especie más utilizada por las poblaciones rurales de México, pues con sus tallos se construye el bahareque (mezcla de sus tallos con lodo y zacate) que se utiliza para construir paredes de viviendas tradicionales, principalmente en los estados de Jalisco y Veracruz (CONAFOR, 2002a).

Un análisis por estado de especies de bambúes nativos, señala a Chiapas como el estado de mayor importancia, aunque es Oaxaca el estado con el mayor número de especies endémicas y escasas poblaciones (Cedeño y Irigoyen, 2011). Con sus aproximadamente 9 000 especies vegetales, Chiapas es el estado mejor representado florísticamente en México, esta diversidad se ve reflejada igualmente en el grupo de los bambúes, en específico, Chiapas está representado por 33 especies de bambúes distribuidas en 11 géneros (8 leñosos y 4 herbáceos) dentro de las cuales se encuentran 23 especies nativas y 11 endémicas (Ruiz-Sanchez, 2018) (más del 50% de los reportados para México) están presentes en este estado. Por su cercanía con los bosques mesófilos de Guatemala, y dentro de una vegetación eminentemente tropical, las montañas de Chiapas son ricas en bambúes silvestres, y es en la región montañosa del suroeste del estado donde esto es más evidente. Las muchas reservas y áreas conservadas de Chiapas, están haciendo que las comunidades naturales de bambúes permanezcan en un buen estado de conservación y sin riesgo a las frecuentes deforestaciones (Cortés, 2005).

3.3. Características Botánicas del bambú.

Los bambúes son plantas con una gran diversidad morfológica; las hay de pocos centímetros y tallos herbáceos hasta bambúes de 30 metros de altura y tallos leñosos (Londoño, 2002). Dos características de la biología de los bambúes los hacen ser plantas extraordinarias: la floración y su rápido crecimiento; es bien sabido que algunas especies de bambú pueden llegar a crecer 1.25 cm cada 24 horas, y esto se ha observado experimentalmente en una de las especies más utilizadas como ornamental en el mundo que es *Phyllostachys bambusoides*, No obstante, también existen especies que tardan muchos años en crecer hasta llegar a ser plantas adultas (Cortés, 2000).

Estructuralmente el Bambú está formado por un sistema de ejes vegetativos segmentados, que forman alternamente nudos y entrenudos, que varían en su morfología según que correspondan al rizoma, al tallo o a las ramas (Figura 3). Tanto los nudos como los entrenudos varían de una especie a otra, principalmente los tallos, sirviendo esta característica para su clasificación. Algunos tienen espinas y otros no (Mercedes, 2006a).

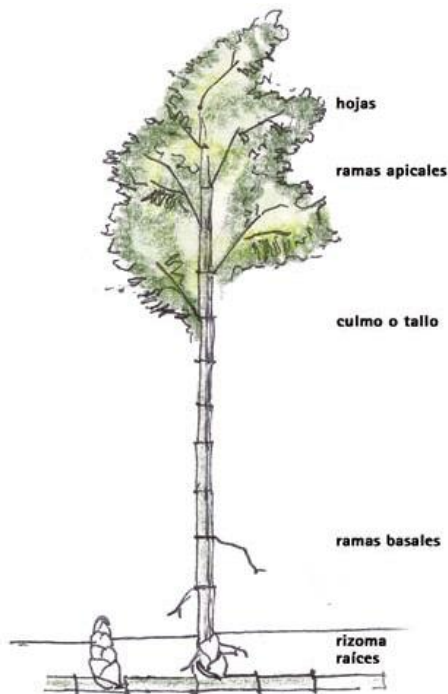


Figura 3. Partes que integran a una planta de Bambú (Peña, 2015).

3.3.1 Rizoma

La raíz del bambú se denomina rizoma y se diferencia por la forma y hábito de ramificación (Mercedes, 2006; Italia, 2017). Son tallos subterráneos, que tienen la función principal de almacenar nutrientes para distribuirlos a toda la planta y son la parte básica para la propagación vegetativa de los bambúes (CONAFOR, 2002; Lárraga-Sánchez *et al.*, 2011; Mercedes, 2006). Se caracteriza por su posición típicamente subterránea, por la presencia de yemas, de brácteas, y de raíces adventicias o primordios de raíces. Las raíces adventicias cumplen la función de absorción y también de anclaje en la planta, son fibrosas, delgadas, rústicamente cilíndricas y aparentemente no aumentan su diámetro con la edad, además, es el único eje vegetativo en los bambúes que no es segmentado. Las yemas del rizoma siempre son solitarias en todo o casi todos los nudos; las brácteas son relativamente simples, uniformes, y protegen el rizoma (Londoño, 2002). El sistema de rizoma constituye la base estructural de la planta (Sánchez, 2009).

Tipos de Rizomas

Hay dos tipos de rizomas. Ellos son determinados e indeterminado o sympodial y monopodial. El rizoma determinado se llama rizoma paquimorfo, y el rizoma indeterminado se conoce como rizoma leptomorfo (Cuadro 1)(Liese y Köhl, 2015a).

- **Paquimorfo o rizoma de Sympodial**

Son fusiformes, cortos, sólidos y promueven el crecimiento de los culmos en grupos o cepas aglutinadas (macollas). Su cuello puede ser corto o largo; sus yemas laterales solo producen más rizomas y las yemas auxiliares solo culmos (Figura 4) (Longhi, 1998; CATIE, 1990). Los bambúes del cinturón tropical tienen generalmente este tipo de rizoma (Londoño, 2002).

- **Leptomorfo o rizoma monopodial**

Es elongado y delgado y tiene asociados las siguientes características (Figura 4): una forma cilíndrica o subcilíndrica, con un diámetro generalmente menor que la del

culmo que se origina en ella, entrenudos más largos que anchos, relativamente uniforme en longitud, raramente sólido, típicamente hueco con interrupción en cada nodo por un diafragma; los nodos en algunos géneros generalmente están elevados o inflados, en otros no; brotes lateral en estado latente en forma de barco (Liese y Köhl, 2015; Longhi, 1998). Los bambúes de la región septentrional o de zonas templadas presentan en su mayoría este tipo de rizoma (Londoño, 2002).

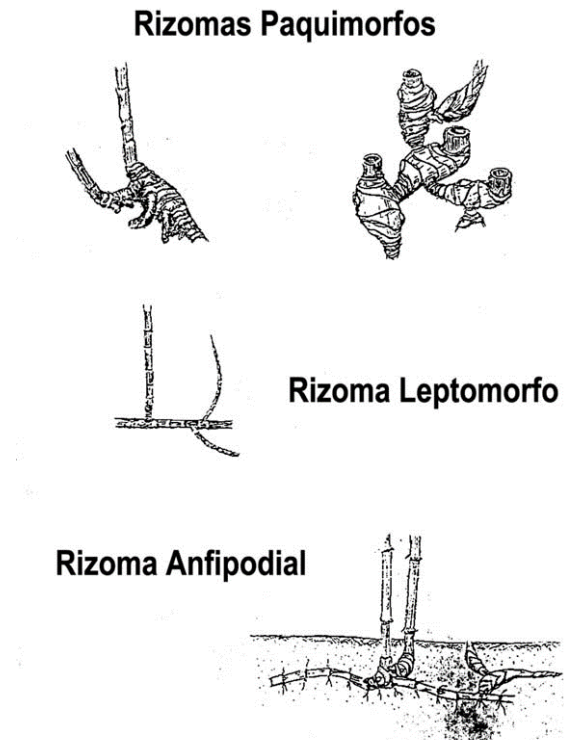


Figura 4. Detalles de los tipos de rizomas encontrados en los Bambúes (Mercedes, 2006).

- **Rizoma anfimorfo (anfipodiales)**

Es la combinación de los dos tipos de rizomas anteriores (Londoño, 2002). Los tallos o culmos de este tercer tipo son proyecciones del rizoma de forma cilíndrica, con entrenudos huecos separados transversalmente por nudos que le dan rigidez. Pueden ser estrictamente rectos o con tendencia a arquearse en la parte media terminal, llegando a medir hasta 30 m o más (Montiel, 1998a).

Cuadro 1. Clasificación de los bambúes según las características de los rizomas (Mercedes, 2006).

Nombre genérico del rizoma. (Extensible al bambú)	Tipo de rizoma	Origen del brote tallo o caña	Desarrollo de los brotes
Paquimorfo (simpodial)	Corto, grueso y aglutinado	En la yema del ápice del rizoma	En forma aglutinada, formando mandras, matorrales o macollas. En el campo se ven las plantas en densos grupos.
Metamórficas (Antipodial) (Grupo intermedio, poco frecuente)	Combina los dos grupos.	Indistintamente en una yema del ápice o lateral del rizoma	Ramificación combinada de los dos grupos.
Leptomorfo (monopodial)	Forma cilíndrica alargados y separados	En una de las yemas laterales del rizoma, el brote sale invadiendo el terreno	En forma aislada o independiente. En el campo se ven los tallos distanciados. Son llamados invasores por esta forma de crecimiento

Fuente: Elaborado a partir de: Liese, Walter, (1985), Jaquit, Net, 2000 y Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, (1990)

3.3.2. Culmo

El tallo del Bambú o propiamente dicho el culmo, al que también se llama caña o vara. Normalmente presenta una forma cilíndrica; los entre nudos pueden ser huecos o macizos (Mercedes, 2006a), separados transversalmente por tabiques o nudos donde se acumula la sustancia nutritiva y hormonas, pero, a la vez, estos nudos le dan mayor dureza, flexibilidad y resistencia (Montiel, 1998a). En bambúes paquimorfos, los tallos se derivan de los brotes terminales, mientras que en el caso de leptomorfo de bambú, estos desarrollados a partir de los brotes laterales de los rizomas (Liese y Köhl, 2015a).

El bambú, a diferencia de otras plantas, no tiene crecimiento diametral, disminuyendo proporcionalmente con la altura y su dureza está dada por la acumulación de sílice, lignina, celulosa y hemicelulosa. En los primeros 4 a 12 meses son muy blandos y flexibles, por lo que se puede emplear en la fabricación de objetos

artesanales tejidos. Las cañas alcanzan su máxima resistencia entre los 3 y los 6 años, edad apropiada para su empleo en construcción. Luego de los 6 años, empieza a perder vitalidad y a dañarse (Figura 5). Una vez que el bambú brota del suelo, lo hace con el diámetro máximo que tendrá de por vida, extienden hacia arriba telescópicamente, que no aumenta de grosor sino que disminuye con la altura (Figura 6) (Montiel, 1998; Mercedes, 2006; Peña, 2015). Los culmos difieren según la especie, en color, altura, diámetro, espesor de la paredes y forma de crecimiento, también varían los nudos y los entrenudos.

La rapidez con que crecen los tallos es quizás la mayor entre todas las plantas. Se han registrado entre 8 y 120 cm. por día, hasta alcanzar 30 metros luego de entre 30 y 180 días. La época de crecimiento más intenso es la estación lluviosa y las cañas alcanzan su altura definitiva de las seis a las 12 semanas (León, 2000).

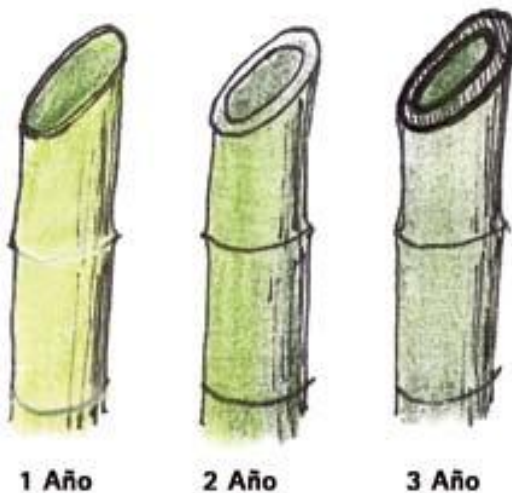


Figura 5. Sección de culmo de bambú donde se aprecia que el grosor de la caña aumenta hacia adentro y se endurece con el paso de los años (Peña, 2015).

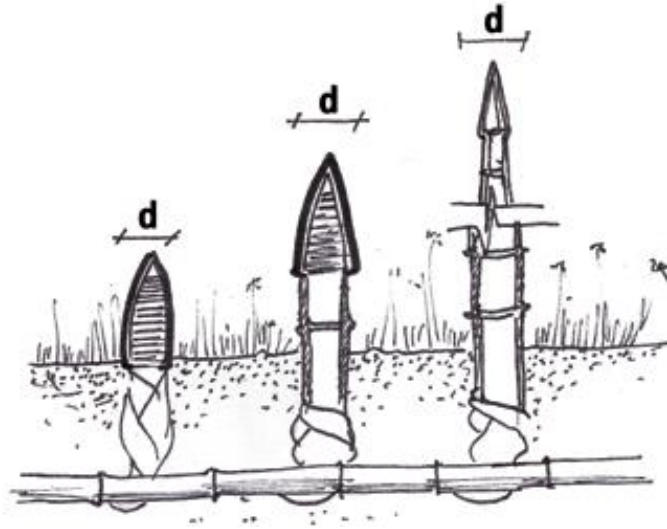


Figura 6. Crecimiento telescópico de las cañas de bambú, conservando su diámetro inicial (Peña, 2015).

Características Anatómicas de la Caña

Su estructura celular está orientada en forma longitudinal formando los haces vasculares o vasos por donde se desplazan sus líquidos de abajo hacia arriba y viceversa, de una celda a otra en forma longitudinal y no radial como lo hacen los árboles. Externamente el bambú tiene una corteza muy fuerte, formada por células epidérmicas cubiertas por una capa de cera que lo protege de daños físicos y que, al mismo tiempo, impide la penetración de líquidos en forma lateral (Figura 7).

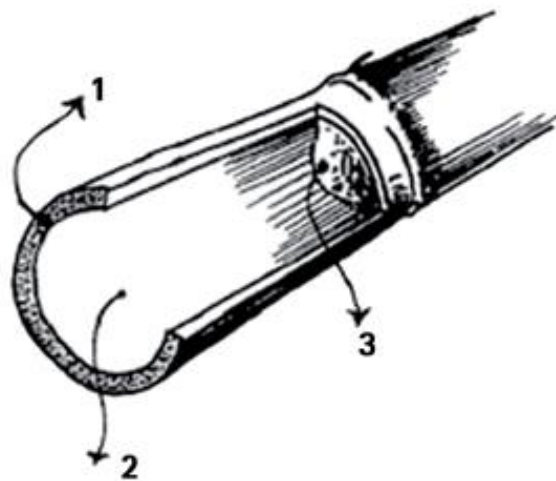


Figura 7. El nudo de la caña de bambú es siempre macizo. 1- tejidos. 2- entrenudos. 3- nudos. (Peña, 2015).

La comunicación para que el agua y los nutrientes puedan ascender hacia las hojas se da principalmente a través de los vasos, y también entre las celdas por medio de pequeños agujeros denominados *pits*. Las fibras del bambú crecen diametralmente de afuera hacia dentro; es decir, la mayor cantidad de fibras están ubicadas en la parte externa del diámetro, cerca de la corteza, y hacia adentro, veremos menos fibras y más parénquima. El parénquima suele ser la parte con mayor cantidad de almidón, por lo tanto, la más atacada por los insectos (Figura 8) (Peña, 2015a).

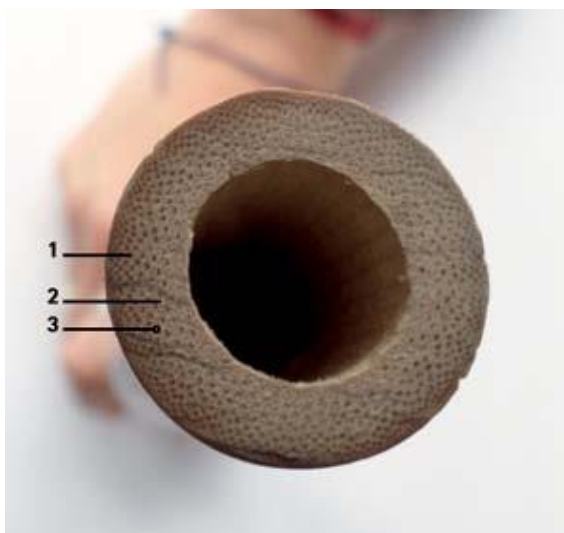


Figura 8. Corte transversal de una caña, donde se muestran su estructura interna. 1-Haces vasculares, 2-Parénquima, 3-Fibras (Peña, 2015).

Importancia y utilización del culmo. Es la porción más útil de un bambú. De acuerdo a su estado de madurez los culmos tienen diferentes usos (Londoño, 2002):

1. Brotes nuevos o renuevos: En América no existe el hábito cultural del consumo de los brotes de bambú. En los países asiáticos, especialmente en China, Taiwán, Japón y Tailandia, los renuevos se consumen frescos, secos, ahumados o en encurtidos, y se venden generalmente enlatados en salmuera. Países como China, Tailandia y Taiwán producen grandes cantidades de estos brotes tanto para consumo interno como para exportar a Japón, a países del Sudeste Asiático, a América y Europa. En Tanzania se reporta el uso de una especie de vino elaborado por *Oxythenanthera braunii* a la altura de un 1 metro, recolectando la savia y

dejándola fermentar; y en China, en la ciudad de Anji, se realiza la fabricación de cerveza a base de renuevos de bambú.

2. Culmos jóvenes: se utilizan sobre todo para la elaboración de canastos y esteras. En Colombia, en los departamentos de Cundinamarca y Quindío, se ha reportado el uso de culmos jóvenes de *Guadua angustifolia* para la fabricación de canastos rústicos y artesanías.
3. Culmos maduros: se les ha reportado más de mil usos, los más importantes son como material de construcción (vivienda, puentes, etc.), en las labores agropecuarias (corrales, cercos, etc.), en la fabricación de muebles y artesanías, en la producción de carbón vegetal, de textiles; de pulpa para papel, y de productos industrializados tales como paneles, aglomerados y pisos.
4. Culmos secos: se utilizan como material de combustión en los fogones domésticos, en los trapiches paneleros y en las fábricas de ladrillo.

3.3.3. Ramas y hojas

Las ramas crecen de forma alternada a partir de las yemas. Conforman el follaje por medio de sus hojas alargadas y en algunos casos presentan espinas (Italia, 2017). Cuanto mayor sea el número de ramas y hojas, el culmo será más fuerte y el crecimiento y desarrollo más rápido puesto que es mayor el proceso fotosintético. (Montiel, 1998a). En bambúes, el órgano de la hoja se dividió en dos tipos: hoja caulinar y hoja de follaje (es decir, hoja verde que tiene fotosíntesis) (Figura 9)(Liese y Köhl, 2015a).

Hoja Caulinar. Es la estructura que nace en cada nudo del culmo y tiene como función proteger la yema que da origen a las ramas y al follaje. Presenta cambios progresivos en su tamaño, forma, consistencia y vestimento a lo largo del culmo. Se consideran a las de la porción media del culmo como las más características de la especie. Las hojas caulinares pueden ser persistentes o deciduas, y en una misma especie se pueden observar hojas persistentes en la base y deciduas en la porción

superior como en el caso de *Guadua superba*. Una hoja caulinar está constituida por dos partes: la vaina o parte basal y la lámina o parte distal. Además de estas dos estructuras presenta: apéndices como aurículas y fimbrias, lígula interna que es la estructura de unión entre la vaina y la lámina, y en ciertas ocasiones una faja o anillo en la base de la vaina que le sujeta fuertemente al culmo (Londoño, 2002).

Las hojas de las ramificaciones. Son muy variables en tamaño y forma. Aquellos que crecen en hábitat húmedo generalmente tienen hojas más grandes que aquellas especies que crecen en sitios más secos (Liese y Köhl, 2015a). Son generalmente lineales, lanceoladas u oblongo-lanceolado en forma; generalmente tienen un pecíolo corto en la base, que con frecuencia es un corte desigual, se extiende; el punto generalmente es largo acuminado, a menudo escabroso; y el lado es glabro o suavemente peludo (Liese y Köhl, 2015a). La presencia de un pseudopecíolo que une a la vaina de la lámina puede tomarse como característica en el grupo; así, tenemos que las láminas de *Arthrostyidium capillifolium* de Sudamérica, tienen sólo 3 mm de ancho, mientras que las grandes láminas de *Neurolepis elata* pueden alcanzar un largo de 5 m y un ancho de 40 cm (Mercedes, 2006a).

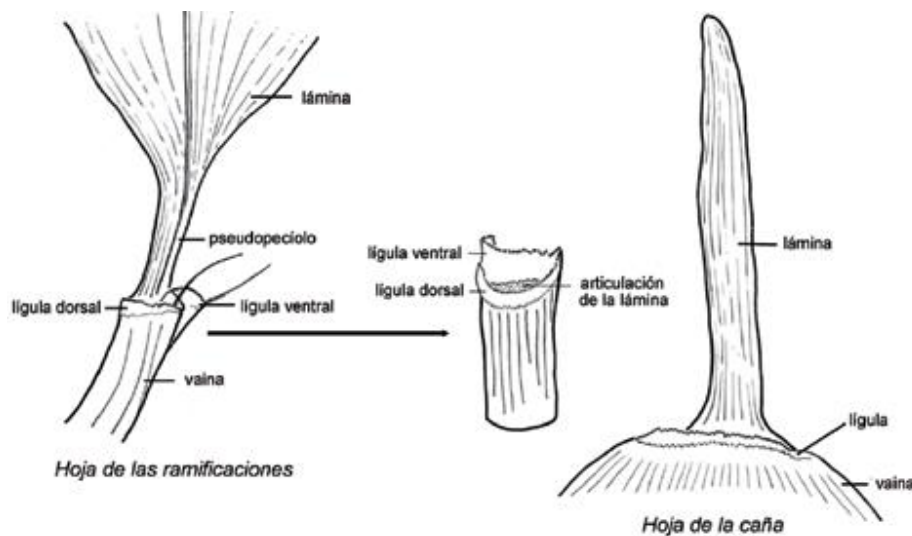


Figura 9. Tipos de hojas que presentan los bambúes leñosos (Peña, 2015)

3.3.4 Florescencia

La floración de los bambúes es algo muy interesante: la mayor parte de las especies tardan varios años en florecer, a diferencia de las otras gramíneas en las que su florecimiento es generalmente anual (Rodríguez, 2000; Mercedes, 2006). Se han identificado dos tipos de florecimiento en los bambúes: la floración esporádica, en cuyo caso, sólo una o varias plantas de una misma población florece, y la floración gregaria, cuando todos los individuos de una especie florecen al mismo tiempo y en diferentes lugares; es decir, si tenemos plantas de una misma especie en diferentes sitios o regiones, cuando “le toca florecer” florecen donde quiera que estén (Montiel, 1998; Cortés, 2000; Mercedes, 2006)

3.4. Métodos de Propagación del bambú

Los bambúes son plantas con una gran diversidad morfológica lo cual facilita su propagación por diferentes maneras: por semilla, rizomas con segmento de tallo, segmentos de culmo o ramas e *in vitro* (Pérez *et al.*, 2009).

Hay dos métodos para criar plántulas y propagar bambú: la reproducción por semillas, conocida como reproducción sexual, y propagación vegetativa, conocida como reproducción asexual, que se lleva a cabo utilizando esquejes de tallos o ramas, estratificación, tocones con rizomas o solo rizomas y cultivo de tejidos. Algunos de estos métodos vegetativos son más apropiados para la propagación de leptomorfos y otros para la propagación de tipos de bambú paquimorfos (Montiel, 1998; Hidalgo, 2003).

3.4.1 Propagación por semillas (propagación sexual).

Este método tiene la ventaja de que las semillas pueden transportarse fácilmente y proporciona una amplia base genética, pero depende de la disponibilidad de la semilla. Algunos bambúes solo florecen a intervalos largos y generalmente producen menos semillas viables. Tan pronto como las semillas (tipo carnoso y tipo de hierba) estén maduras, germinarán fácilmente en un medio húmedo en un vivero, si se siembran inmediatamente después de la recolección. Las semillas generalmente se

muerden en camas o en zanjas con 5-8 semillas por hoyo, y cubierto con una capa de 3-5 cm de tierra. Luego se cubren con paja y se riegan. Después de la germinación, cuando las plántulas son de aproximadamente 10 cm de altura, deben ser trasplantados en contenedores individuales, o pueden plantarse en el campo cuando tienen entre 0,75 y 1 metro de altura, o cuando tienen 1 o 2 años. La viabilidad de las semillas dura solo alrededor de dos meses, pero puede disminuir si no se mantienen en condiciones adecuadas. Las semillas pueden conservar su viabilidad por períodos de hasta 2 años cuando se almacenan en un lugar con poca humedad (6-10%) a bajas temperaturas (entre -50° C y 4° C) (Hidalgo, 2003; Liese y Köhl, 2015).

Por los largos periodos e impredecibles de la floración limitan el uso de la semilla como medio de propagación, empleando por lo general, la capacidad de reproducción asexualmente por medio de las yemas de los rizomas y culmos (Montiel, 1998).

3.4.2 Propagación vegetativa (propagación asexual).

- **Reproducción por cortes del rizoma** (Mercedes, 2006a). Es la forma más segura y efectiva; su eficiencia en términos de supervivencia casi siempre es del 100%. Los rizomas se obtienen de 1 a 2 años luego de la siembra. Los brotes a partir de cortes de rizomas aparecen a los 30 y 35 días de haberlos sembrado. Existen dos variantes:

a) Siembra del rizoma. Que consiste en sacar los rizomas de 2-4 años. Se cortan en secciones de 30 cm. Excavar los hoyos de 1 m. de ancho, 0.6 m. de profundidad. Colocar los rizomas acostados con las yemas en ambos lados y tapar con unos 5-10 cm. de tierra.

b) Trasplante de rizomas con matitas de 1-2 años, con rizoma, se cortan los tallos a 2 m. de altura y se excava la raíz con el rizoma, para ser trasplantada.

- **La Propagación por sección de tallo** (CONAFOR, 2002; Mercedes, 2006). Esta modalidad requiere del aprovechamiento de tallos jóvenes de 2 a 3 años.

El procedimiento es:

1. Se parte, divide o secciona el tallo en unidades de dos o tres entrenudos que contengan 3 a 4 nudos con buenas yemas.

2. Entre cada dos nudos se hace un hueco y se llena de agua; posterior Mente se tapa y se cubre con tierra.

3. Se plantan de manera vertical, inclinada u horizontal. Obteniendo mejores resultados en forma horizontal (Montiel, 1998; Londoño, 2002).

- **Propagación por chusquines.** El "chusquin" es un brote delgado que sale de una yema superior del rizoma, y se extrae con un segmento de tallo y un trozo de rizoma basal (Londoño, 2002). Es la principal vía de propagación. Por medio de brotes basales o chusquines que emergen del rizoma, del cual se pueden desarrollar entre siete y diez nuevas plantas en unos cuatro meses. Estos se encuentran en la base de las plantaciones, y se originan de yemas adventicias en los rizomas. Estas emergen una vez que el culmo ha sido cortado o por acame (Lárraga *et al.*, 2011).
- **Propagación por Segmentos de rama.** Londoño (2012) señala que este método es útil, práctico y efectivo, además de ser fácilmente manejable. Las ramas más gruesas tienen mayor capacidad para enraizar que las más delgadas. El enraizamiento es eficiente en un medio de cascarilla de arroz y carbón. La eficiencia del enraizamiento varía en cada especie y depende del tamaño del culmo y del grosor de la pared. Los bambúes de pared gruesa poseen una mayor emisión de brotes y mejor enraizamiento probablemente debido a una mayor reserva de alimento.
- **Propagación *In vitro*.** Este sistema de propagación se realiza en laboratorio bajo condiciones asépticas y mediante el uso de embriones de semilla o yemas axilares colocados en un medio gelatinoso (agar) complementado con fitohormonas y vitaminas. Presenta ventaja sobre los demás sistemas debido: a) la múltiple obtención de material que se consigue a partir de una yema meristemática ya que la multiplicación es logarítmica; b) se facilita el intercambio de germoplasma a nivel internacional por el tamaño de la muestra, y por qué se minimiza la contaminación

microbial; c) la propagación "in vitro" de materiales provenientes de semilla, evita la homogeneidad en las plantaciones comerciales futuras, ya que la propagación masiva vegetativa conduce al degeneramiento genético del cultivo.

3.5 Ambiente Natural para el crecimiento de Bambú

La distribución de los bambúes está gobernada por las condiciones de precipitación, temperatura, altitud y suelos (CATIE, 1990). Por lo tanto, ocupan una amplia gama de tipos de hábitats, especialmente bosques, de las zonas climáticas templadas a las tropicales y los bambúes a menudo son dominantes o elementos muy visibles de la vegetación (Liese y Köhl, 2015a).

Las condiciones ambientales para el crecimiento de los bambúes varían ampliamente entre las numerosas especies de bambú y están relacionadas con muchos factores asociados, como la latitud y la altitud, la temperatura, la lluvia, el suelo y la topografía (Hidalgo, 2003a). Estos factores ambientales son importantes ya que determinan la distribución, composición de especies y el crecimiento de los bosques de bambú (BAMBÚ ECUADOR, 2015).

La productividad del bambú está estrechamente correlacionada con la disponibilidad de humedad; así, la altura de un bosque disminuye de 50 a 10 m o menos al pasar de ambientes húmedos a secos. La humedad disponible también es significativa para otras características estructurales.

3.5.1 Hábitat

Los bambúes se encuentran en los bosques tropicales húmedos, los bosques tropicales secos, o también los bosques templados, donde forman sotobosque (CATIE, 1990). Sin embargo, hoy en día gran parte de los hábitats naturales han desaparecido a causa de la influencia del hombre con su actividad agrícola-ganadera, además del crecimiento de la población, ejerciendo presión sobre áreas boscosas. Por ello, muchos

bambúes se encuentran marginados, en sitios inaccesibles, en los cañones de los ríos, o en pendientes fuertes.

3.5.2 Suelos

Las características del suelo y la topografía condicionan el crecimiento de los bambúes. En general, los bambúes crecen mejor en suelos de buen drenaje, franco arenosos a franco arcilloso, rico en nutrimentos minerales, como suelos derivados de aluviones de ríos; no crecen en suelos estacionalmente inundados (CATIE, 1990; Hidalgo, 2003). Las características y condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos son influyentes para lograr la adaptación de una especie de bambú y también conseguir su desarrollo y producción óptima (Añazco, 2013).

3.5.3 Clima

Temperatura: Es un factor muy importante para el crecimiento del bambú. Las temperaturas más altas generalmente promueven su crecimiento, y una temperatura más baja lo inhibe (Hidalgo, 2003a). La temperatura está determinada más por la altitud que por la latitud. En general, un aumento en la altitud de 270 metros representa una caída de 1°C en temperatura. La mayoría de los bambúes que forman racimos crecen a temperaturas que van desde 7 (a veces 2-3 °C) a 40 °C (Liese y Köhl, 2015a).

Latitud y altitud: En el mundo, todas las especies de bambú se distribuyen en diferentes latitudes y altitudes según la especie. Geográficamente, los bambúes se distribuyen horizontalmente en las áreas tropicales, subtropicales y templadas de todos los continentes (excepto Europa), entre una latitud tan al norte de Asia como 51° y 47° latitud sur en Argentina y Chile.

Precipitación: Como componente del clima, afecta la distribución de bambúes, ya que su requerimiento de agua es alto. Durante en la estación seca, la planta reduce la transpiración al arrojar hojas. Con las primeras lluvias, brotan nuevos brotes o brotes y las cañas serán coronadas con hojas. Esto muestra que el crecimiento vegetativo en bambúes se ve más afectado por la humedad del suelo como resultado de la lluvia que

por la temperatura (Hidalgo, 2003a). En promedio el rango más común es de 1,200 - 4,000 mm por año. Las precipitaciones promueven el crecimiento de la caña durante el período de elongación rápida (Liese y Köhl, 2015a).

3.6 Corte y Proceso de Secado

3.6.1 Corte

En un bambusal bien manejado, el corte es siempre una entresaca selectiva de cañas maduras, donde se corta únicamente el porcentaje determinado en el plan de corte. El corte se realiza los meses de nombre sin R (que son los meses más fríos del año, siendo que la actividad de la savia de la planta es menor y, por ende, las cañas presentan menor cantidad de azúcares en sus sistemas), temprano a la mañana (antes de que salga el sol, pues en ese momento la planta tiene, todavía, una actividad celular baja. Cuanto más alto se encuentre el sol, mayor será la circulación de savia por la caña y, por lo tanto, mayor la presencia de azúcares) y en luna menguante (provocando un efecto de gravedad mayor a cualquier otro momento del mes, por lo cual la actividad de la savia es menor y tiende a concentrarse en las raíces y a tener baja circulación en la planta) (Figura 10). La caña se corta lo más al ras del suelo que sea posible, siempre que se pueda por encima del primer nudo (Figura 11). Es importante apuntar a que no quede un vaso receptor de agua en el lugar del corte para evitar la putrefacción de parte del rizoma; pero más importante aún es lograr un corte bien al ras del suelo para lograr un acceso cómodo al bambusal que no entorpezca ni dificulte el ingreso y movimientos en el mismo. Además de evitar puntas salientes peligrosas (por lo que se recomienda, evitar el corte con machete, o hacer desaparecer los restos peligrosos utilizando serrucho, motosierra) (Peña, 2015).

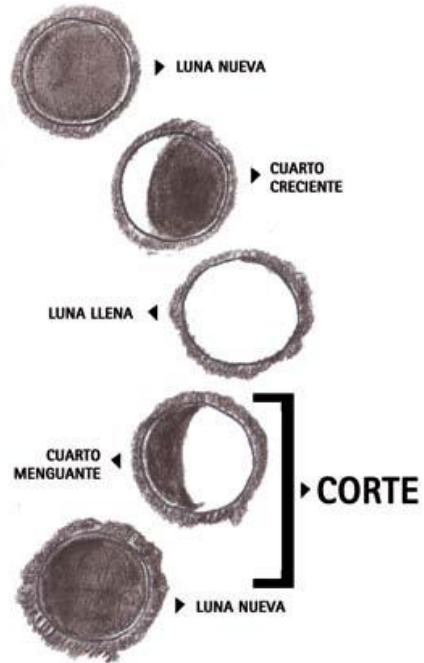


Figura 10. Mejor momento de corte es durante la Luna menguante, porque disminuye la actividad interna de las cañas de bambú (Peña, 2015).

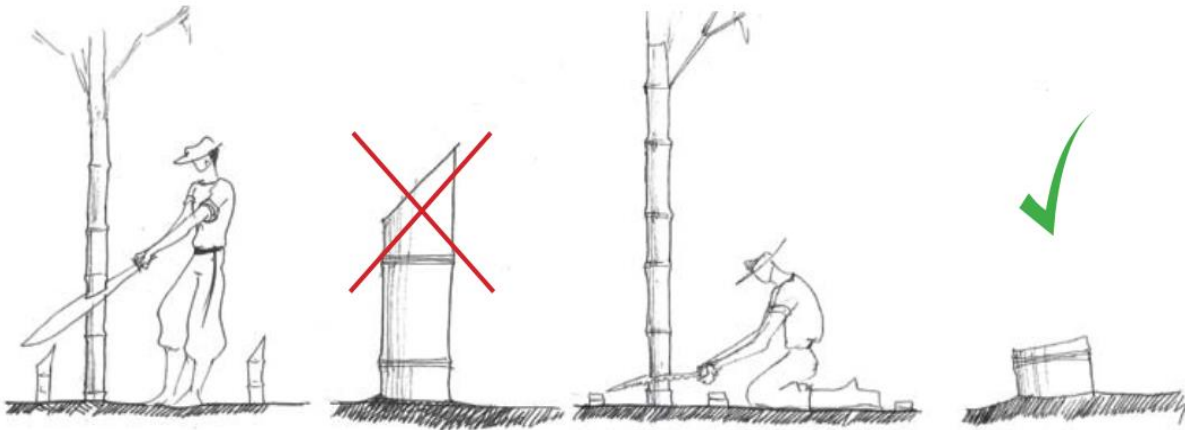


Figura 11. Corte incorrecto y el corte correcto de la caña de bambú (Peña, 2015).

3.6.2 Proceso de secado

Las especies de bambú varían en cuanto a su susceptibilidad al ataque de hongos e insectos, pero lo que todas tienen en común es el hecho de que esa susceptibilidad aumenta junto con el porcentaje de humedad y de almidón que tiene la caña. Por eso es tan importante que, una vez cortada, ésta sea sometida a procesos de secado. En este proceso, la caña se contrae y se torna amarillenta, pierde savia y disminuye su propensión al ataque de hongos (CONAFOR, 2002; Peña, 2015).

Secado natural

Los culmos de bambú se apilan horizontalmente, bajo cubierta, protegidos del sol y de la lluvia, manteniendo espacio entre los bambúes, para que el aire circule entre los culmos. Dos meses serán suficientes para asegurar un buen secado (Figura 12).



Figura 12. Secado natural al Sol de los culmos de bambú (CONAFOR, 2002)

Secado al calor

Se colocan las cañas en posición horizontal sobre brasas, a una distancia tal que no se quemen y cuidando de girarlas para que el calor recibido sea parejo y no se produzcan grietas. Este método suele ser realizado en campo abierto mediante una excavación de unos 30 o 40 cm de profundidad, realizada en el terreno. Las brasas se

colocan en el fondo de la excavación como se muestra en el dibujo de abajo (Figura 13). Este método también se emplea para enderezar bambúes torcidos (Peña, 2015a).

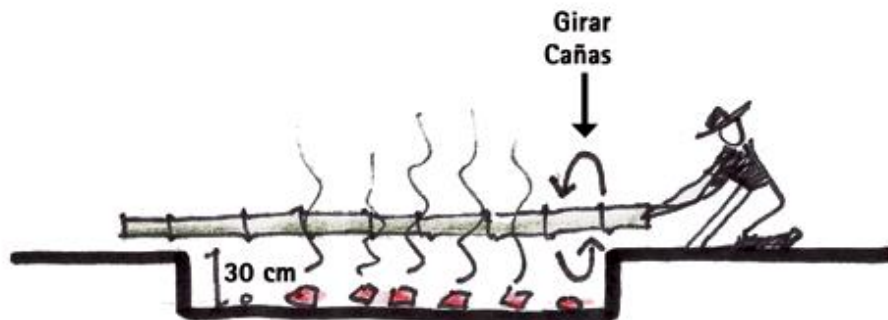


Figura 13. En el secado a fuego directo, los culmos de bambú deben girarse para un efecto uniforme (Peña, 2015)

Secado al horno

Los culmos se colocan verticalmente en un horno sellado sobre una fuente de calor que puede ser una quema controlada de material o guadua secos, dura alrededor de tres semanas, trabajando día y noche (Figura 14)(CONAFOR, 2002a).

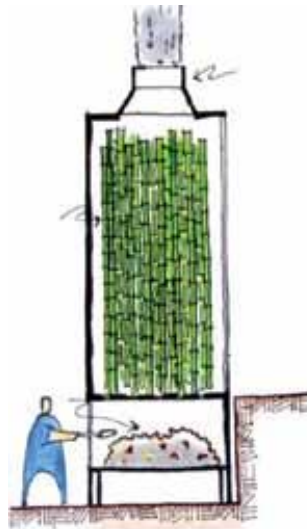


Figura 14. Secado al horno con los culmos de bambú en posición vertical (CONAFOR, 2002).

Secado por estufa solar

Este método se realiza en una cámara especial y se basa en el aprovechamiento de la energía solar para calentar el aire que pasa a través del bambú. Se utilizan colectores solares, y el nivel de temperatura depende de las condiciones climáticas del sitio en que se esté secando. La velocidad del aire caliente se puede regular por medio de ventiladores y la humedad mediante ventanillas (Figura 15). Este método es más rápido que el secado natural y disminuye el riesgo de grietas y rajaduras del secado en estufa, pues aquí los cambios de temperatura son menos drásticos.

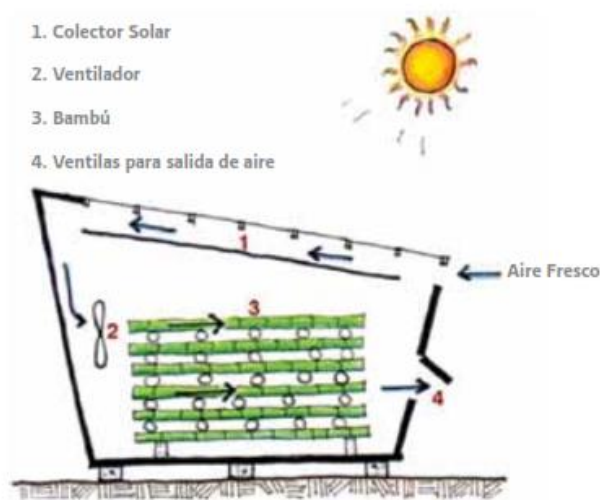


Figura 15. Secado de culmos de bambú empleando una estufa solar (CONAFOR 2002).

3.7 Plagas y Enfermedades

Todas las especies vivas de bambú y bambúes talados son susceptibles de ser atacado por hongos e insectos (Hidalgo, 2003a). En plantaciones las enfermedades que se han observado aparecen en los tallos recién brotados, principalmente al inicio de la plantación, manifestándose por la pudrición y olor desagradable. Entre las plagas se ha observado ataque de insectos del género Homóptera que atacan los tallos vivos; pero no se ha notado que interfieran en su desarrollo (Mercedes, 2006a). Londoño (2002) indica que durante la fase de renuevos es cuando el bambú sufre más el ataque por parte de coleópteros, saltamontes, termitas y edafidos los cuales perforan los culmos;

también se sabe que los roedores, los micos, las ardillas y las cabras, roen los rizomas y/o se comen los renuevos y que el ganado, come y destruye con el pisoteo los brotes nuevos. Los culmos adultos raras veces son atacados por coleópteros sin embargo cuando están sobremaduros son atacados por una de las plagas más serias del bambú, el *Dinoderus minutus*, considerado la mayor amenaza para el bambú cortado.

Se recomienda entre otros preservativos ácido bórico más bórax más dicromato de sodio en proporción 2:2:0.5; ácido bórico más bórax en proporción 1:1; cloruro de zinc más dicromato de sodio en una proporción 1:1. Todas estas mezclas se utilizan para preservar la madera (Mercedes, 2006a).

- Insectos:

Los insectos atacan mucho al bambú, muy especialmente luego de ser cortado para su aprovechamiento. Por tal razón, es necesario tomar los cuidados necesarios para evitar los mayores daños. La protección vegetal se puede dividir en dos líneas: a) la planta en cultivo y b) al bambú como producto (Mercedes, 2006a). Dos plagas importantes (ejemplares de estos géneros podrían estar presentes) para el país son:

a) La *Estigma chinensis* (Chrysomelidae), ataca sólo los tallos nuevos en crecimiento y como consecuencia los entrenudos se hacen cortos y algunas veces se tuercen. Si el ataque es severo, los tallos se pierden. Los huevos los dejan en los tallos tiernos y posteriormente el daño que causa la larva hace detener el crecimiento del tallo.

b) *Cyrtotrachelus longipes* (Curculionidae) es un gusano que ataca el ápice superior de los tallos nuevos y en la mayoría de los casos se los come (Hidalgo, 2003a).

La protección vegetal del bambú (según sea que se aplique) se puede dividir en dos formas: Protección de planta en cultivo y protección al bambú como producto. Hay dos formas de proteger contra los daños de insectos: 1) la primera consiste en variar la estación de cosecha para alterar el ciclo de vida de la plaga. 2) La otra consiste en

tratar los cortes de bambú de manera física o con productos químicos (Mercedes, 2006a).

3.8 Métodos para preservar bambú

Para proteger a los bambúes ante el ataque de diversos factores externos se emplean ya sean métodos tradiciones (no químicos) y métodos químicos.

3.8.1 Métodos tradicionales

Estos han sido desarrollados y empleados por los habitantes de áreas rurales de acuerdo con las características y recursos presentes en las zonas. El vinagrado es uno de los métodos de preservación tradicional más extendidos. Este método es económico, inocuo y comprobado por la sabiduría popular (Morán, 2015a).

Curado en la mata (Vinagrado): Los culmos se cortan en la base y se dejan por 1-3 semanas dentro del bambusal con sus ramas y sus hojas adheridas; durante este tiempo el contenido de almidón en el culmo se reduce. Como resultado a este tratamiento la resistencia al ataque de insectos perforadores se incrementa pero no la resistencia a ataque de termitas y hongos (Londoño, 2002). La caña cambia temporalmente de color verde a naranja y huele a alcohol (caña borracha) (Morán, 2015a).

Inmersión en agua: Los tallos recién cortados se sumergen en agua, ya sea en un estanque o en un río, por un tiempo no mayor de 4 semanas. Posteriormente se dejan secar por algún tiempo. Este método ha sido hasta ahora el más utilizado pero el menos recomendable por no ser muy efectivo. Además los tallos se manchan y si permanecen mayor tiempo en el agua pierden resistencia y se vuelven quebradizos (Hidalgo, 1981a).

Encalado: Los culmos de bambú y las esteras o paneles utilizados en las construcciones de vivienda son pintadas con cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Este método se utiliza

principalmente para material a usar en construcciones ornamentales, debido a que la cal absorbe humedad y reduce el riesgo del ataque de hongos, aunque este compuesto alcalino puede afectar las propiedades del bambú (CONAFOR, 2002a). Es posible que se reduzca la absorción de agua por este tratamiento lo que conlleva a una mayor resistencia contra hongos (Londoño, 2002).

Curado al calor: El curado al calor se hace colocando horizontalmente las cañas de bambú sobre las brasas a una distancia apropiada para que las llamas no las quemem, girándolas constantemente (Hidalgo, 1981a). Por el calor se extraen los carbohidratos, se logra matar cualquier insecto que se encuentre en su interior, endurece la pared exterior haciéndola menos propicia al ataque de los insectos. Este método también se utiliza para enderezar tallos curvos (Cerrón, 2014).

Ahumado: Los culmos se almacenan en sitios cerrados expuestos al humo, lo cual ocasiona un cambio de coloración en el culmo, con tendencia al color oscuro. Durante este tratamiento, algunas sustancias tóxicas se depositan al interior del culmo y contribuyen a que adquiera alguna resistencia. Por aquello del calor, el almidón depositado dentro de las células del parénquima puede destruirse (Hidalgo, 1981; Londoño, 2002).

Curado en tierra: Los bambúes recién cortados se sumergen en el fango, durante unas semanas y luego se secan lentamente en sombra. Esto reduce el contenido de almidón (Cerrón, 2014).

3.8.2 Métodos químicos

Son más eficientes que los tradicionales, pero su costo es mayor y requieren de algunos equipos especiales para su aplicación (CONAFOR, 2002a). Además dependiendo de las condiciones del culmo (bambú verde o seco) y del uso final en servicio, se puede asegurar y prolongar la vida para el bambú, rechazando la acción de insectos, hongos y hasta ser más resistente al fuego (Cerrón, 2014).

Dentro de los diversos productos químicos comerciales existentes, sobresalen los “pentaboratos” mezclas de ácido bórico + bórax + agua, siendo el menos contaminante y económico. El ácido bórico, además de ser fungicida, tiene una importante labor en la solución preservante como ignífugo (retarda la combustión)

Tratamiento por inmersión:

El método de inmersión en solución de bórax y ácido bórico es el más recomendado por su eficacia, costo, y seguridad para usuarios y medio ambiente. Según algunos expertos, la inmersión debe realizarse con cañas secadas durante una semana como máximo y que aún conservan su color verde (Morán, 2015a).

Para inmersión en frío y en caliente se requiere de un recipiente, tanque o poza que contenga la solución de preservante donde se pueda sumergir el material a tratar (Figura 16). Se sumerge por un período, que va a depender de la especie, edad y espesor de la pared del culmo (Cerrón, 2014).

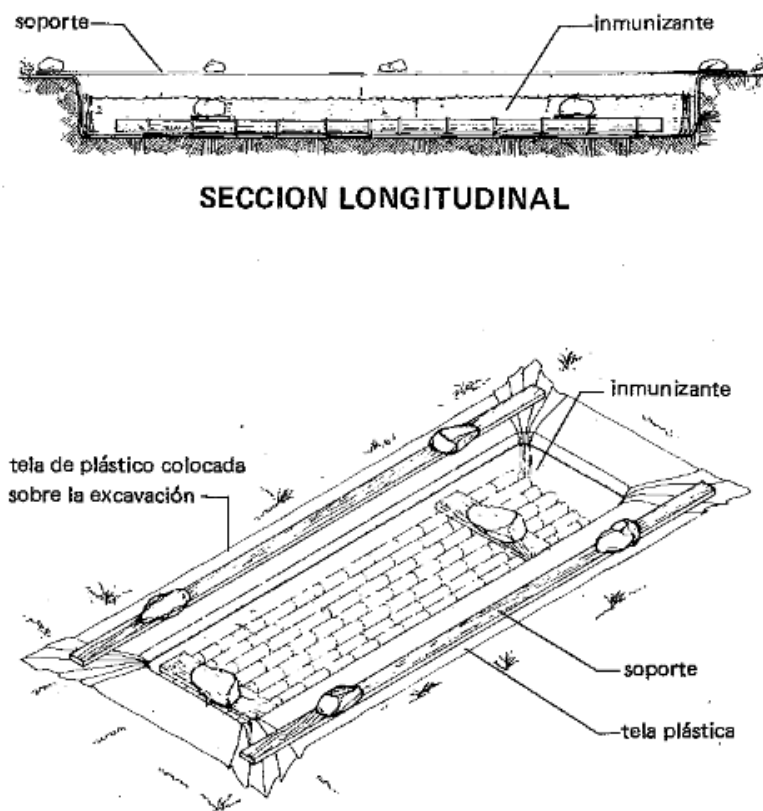


Figura 16. Tratamiento por inmersión con sales de bórax y ácido bórico (Hidalgo, 1981).

Método Boucherie (por gravedad): Debe realizarse con bambú fresco o recién cortado. Consiste en forzar por gravedad o por presión neumática la penetración del preservante sustituyendo la savia dentro del culmo (Figura 17). El tratamiento se termina cuando la solución que sale al final del culmo indica que hay una concentración alta del preservante. La duración del tratamiento y la efectividad de este método dependen principalmente de la especie de bambú, del contenido de humedad y del tipo de preservante utilizado. Es un método eficiente, de fácil instalación y económicamente viable (Londoño, 2002).

Hidalgo (1981) señala que puede aplicarse este método de dos formas:

1. Colocando verticalmente la caña de bambú y llenando su entrenudo superior con el preservativo, dejándolo en esta posición por algunas horas hasta que éste haya bajado s lo largo de su pared.
2. Utilizando un tanque abierto en la su parte superior, el cual se le coloca en su parte inferior un tubo metálico con una llave, conectado al extremo del bambú por medio de una sección de un neumático de carro. En este caso debe de cuidarse de colocar el tanque en un nivel más alto que el bambú.

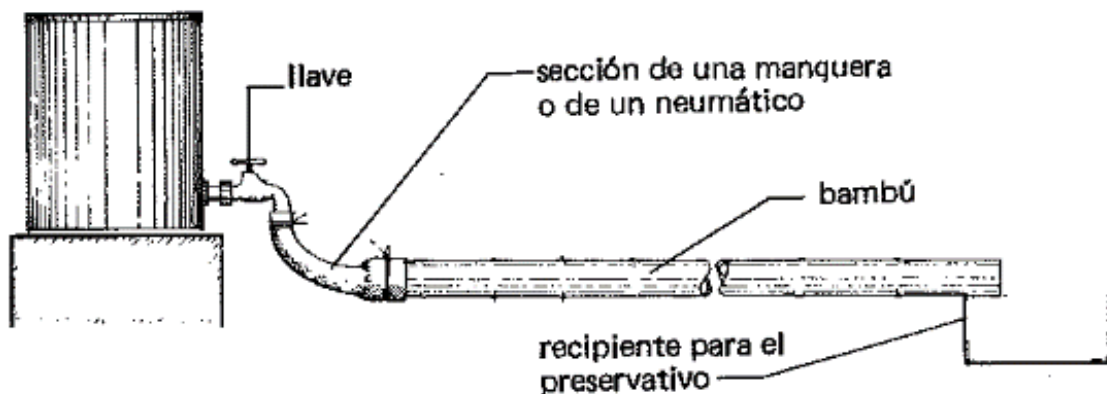


Figura 17. Tratamiento por el Método Bouchieri (por gravedad) (Hidalgo, 1981).

Método Boucherie modificado (por presión): Este es uno de los mejores tratamientos, más rápido, efectivo y permite tratar varios bambúes al tiempo (Hidalgo, 1981; Londoño, 2002). Pero se necesitan instalaciones especiales. Se utilizan preservantes solubles en agua o también creosota, aplicaciones a los bambúes

secados, primero efectuando un vacío de 10 – 500 mbar y luego una presión de 0.5 – 1.5 n/m² (Figura 18) (CATIE, 1990).

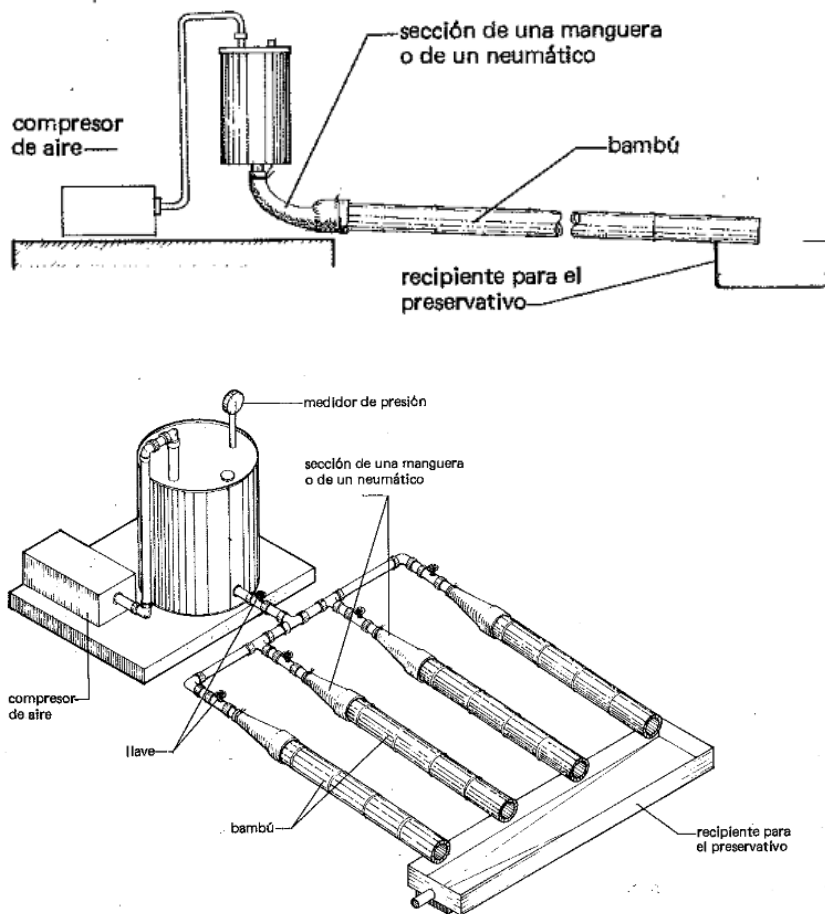


Figura 18. Tratamiento por el Método Boucherie modificado (por presión) (Hidalgo, 1981).

3.9 La Etnobotánica

La etnobotánica es una ciencia destinada a comprender lo que la gente sabe sobre las plantas, cómo las plantas forman parte de sus sistemas de creencias, concepciones del mundo, cómo los humanos usan y administran las plantas para reproducir su vida social y cultural (Casas, Vázquez y Lira, 2016). Incluye las relaciones ser humano-planta, incluyéndose los aspectos etnográficos y simbólicos (Pardo y Gómez, 2003).

Las plantas y animales de las diversas regiones de la Tierra han sido muy útiles, en distinta forma, a los grupos humanos. Sin contar su función básica como alimentos, han servido de materia prima a muchas culturas, han sido adorno y prenda de vestir tal como se les encuentra en la naturaleza o transformados, han desempeñado importante papel en mitos y tradiciones y han sido usados en ceremonias religiosas y civiles (Barrera, 2008).

Según Berlin (1992), dentro de la disciplina se pueden distinguir dos corrientes principales: la cognitiva y la utilitaria. La primera se preocupa de cómo perciben los humanos la naturaleza, y la segunda, de cómo la usan o manejan. La faceta utilitarista tiene un valor primordial, pero no deben olvidarse otras interacciones como el manejo, las creencias, los conocimientos, las impresiones o las valoraciones sobre las plantas.

La etnobotánica, además de ser una útil herramienta para la recopilación, descripción y estudio de la cultura botánica popular, entraña aspectos aplicados de enorme interés (Pardo y Gómez, 2003).

3.9.1 Conocimiento ecológico tradicional

El conocimiento ecológico tradicional Berkes *et al.* (2000), lo define como un conjunto acumulativo de conocimiento, práctica y creencia, evolucionando por procesos adaptativos y transmitidos a través de generaciones por transmisión cultural, sobre la relación de los seres vivos (incluidos los humanos) entre sí y con su entorno.

Los saberes tradicionales evolucionan mediante una combinación de conocimiento ecológico acumulativo y un proceso de aprendizaje que se reajusta ante los errores detectados y las situaciones de crisis (Berkes *et al.*, 2000).

El conocimiento tradicional puede ser holístico en perspectiva y adaptativo por naturaleza, reunido a lo largo de generaciones por observadores cuyas vidas dependieron de esta información y su uso (Berkes *et al.*, 2000). La visión integrada naturaleza-cultura que subyace al conocimiento tradicional ha facilitado la modulación de paisajes multifuncionales, capaces de generar diversos bienes (alimento, leña, caza, material de construcción) y servicios ambientales (agua y aire limpio, regulación del

clima, control de la erosión), que a menudo coexisten con altos niveles de biodiversidad e integridad ecológica (Gómez, 2009).

3.9.2 Usos y aprovechamiento de las especies de bambú en México

En México el bambú ha formado parte inherente en la vida de los mexicanos tal como lo afirma Cortés (2005), que su uso tiene antecedentes prehispánicos: los totonacas en Veracruz, los huastecos en Hidalgo y Tamaulipas, los aztecas y teotihuacanos en el centro de México, los mayachontales en Tabasco, los mayas en la península de Yucatán, han construido casas de bambú y lo siguen haciendo hoy en día (Dávila y Brugger, 2012). El uso más antiguo está registrado en el código Matrícula de Tributos, donde se muestra que la especie *Otatea acuminata* se utilizaba para elaborar flechas y para construir casas-habitación (Rodríguez *et al.*, 2009).

Los bambúes Mexicanos han sido utilizados en formas diversas dependiendo del grosor de los tallos o culmos y de su flexibilidad (INECOL, 2013b). Siendo empleada de manera rústica, para edificar viviendas y otras construcciones menores en el medio rural, en donde crece naturalmente. Su uso y técnicas son tradicionales y locales basados en el conocimiento empírico heredado y de la disponibilidad de los bambúes locales (Ordóñez y Bárcenas, 2014).

En México, se calcula que alrededor del 50% de las especies de bambúes leñosos del país lamentablemente están subutilizadas, es decir que con una mayor eficiencia en la utilización de todas las especies podría obtenerse mayor beneficio del que se tiene actualmente. En el caso de México no se ha logrado impulsar el bambú en el sector agrícola (Dávila y Brugger, 2012). Hay especies muy dinámicas cuya frecuencia de brotación y velocidad de crecimiento, les permite producir diferentes estados y estructuras de su biomasa en corto tiempo (Mercedes, 2006a).

Actualmente, el 76% de las especies que se encuentran en México presentan algún uso, entre ellas hay 29 especies nativas de las cuales 11 son endémicas. Se registraron 66 usos diferentes y se agruparon en las siguientes 18 categorías: alimento,

artesanías, cerca viva-sombra para ganado, cestería, construcciones rústicas, construcciones de vivienda, forraje, herramienta de trabajo, instrumentos musicales, leña, medicinal, muebles, objetos personales, objetos religiosos, ornato, papel, restauración ecológica y utensilios domésticos. Las categorías más utilizadas fueron cestería, construcción de vivienda y forraje (Rodríguez *et al.*, 2009).

Debido principalmente a su amplia distribución y abundancia, la especie nativa con mayor número de usos en México, es *O. acuminata* con 9 usos entre los que destacan cestería, construcción y elaboración de diversos objetos (Cuadro 2) (Rodríguez *et al.*, 2009).

Las siguientes especies más utilizadas a nivel nacional, son *O. fimbriata* y *Guadua longifolia* y aunque se distribución es menor a la de *O. acuminata* y a *R. racemiflorum*, ambas especies presentan 7 usos. Además de construcción y forraje, con los culmos de estas especies se elaboran diferentes herramientas de trabajo, por ejemplo *O. fimbriata* en los estados de la vertiente Pacífico como Colima, Jalisco, Nayarit, Chiapas, Oaxaca se utilizan como garrocha corta fruta y los culmos de *G. Longifolia* para cañas de pescar en la costa de Veracruz (Cuadro 3) (Rodríguez *et al.*, 2009).

Cuadro 2. Especies de Bambú más rentables en México. (Rodríguez *et al.*, 2009).

Especies	Num. de categorías de usos actuales	Núm. de Entidades Federativas en donde habita actualmente	Distribución Potencial (km ²)	Núm. de Entidades Federativas en donde puede distribuirse
<i>O. acuminata</i>	9	18	693,817	8
<i>R. racemiflorum</i>	8	11	446,385	12
<i>O. fimbriata</i>	7	7	230,741	6
<i>G. longifolia</i>	7	10	279,128	10
<i>B. vulgaris</i>	6	11	331,506	11

Cuadro 3. Descripción de los usos de las especies de bambú más utilizadas en México. (Rodríguez *et al.*, 2009).

Especie	Categoría de Uso	Usos	Parte utilizada	Fuente
<i>Otatea acuminata</i>	Cestería	canastas de diversos tamaños	culmo y ramas	(Guzmán <i>et al.</i> , 1984; Mejía & Dávila, 1992; MEXU, 2004; SNIB-Conabio, 2004; Vázquez <i>et al.</i> , 2004; MBG, 2005; Pérez & Cortés, 2005).
	Construcción rústica	barandales y corrales	culmo	
	Construcción de viviendas	paredes, puertas, techos	culmo	
	Herramientas de trabajo	garrochas	culmo	
	Muebles	sillón	culmo y ramas	
	Objetos personales	bastones, alhajeros	culmo y ramas	
	Objetos religiosos	asiento para los curanderos-sacerdotes huicholes	culmo y ramas	
	Ornato	ornato	toda la planta	
Utensilios domésticos	mangos de escoba	culmo		
<i>Rhipidocladum racemiflorum</i>	Artesanías	papalotes, cohetes, sillitas	culmo y ramas	(Mejía & Dávila, 1992; Judziewicz <i>et al.</i> , 1999; Pale & Mejía, 2004; MEXU, 2004; SNIB-Conabio, 2004; MBG, 2005)
	Cestería	canastas y macetas de diversos tamaños	culmo y ramas	
	Construcción rústica	cercas	culmo y ramas	
	Herramientas de trabajo	estacas	culmo y ramas	
	Muebles	respaldos de sillas, sillones, alacenas, cunas, biombos	culmo y ramas	
	Objetos personales	aretes, collares, pulseras	culmo y ramas	
	Ornato	ornato	toda la planta	
	Utensilios domésticos	charolas, revisteros, pantallas de lámpara, cortinas	culmo y ramas	
<i>Otatea fimbriata</i>	Cestería	canastas de diversos tamaños	culmo y ramas	(Guzmán <i>et al.</i> , 1984; SARH y Cotecoca, 1987; Judziewicz <i>et al.</i> , 1999; Mejía & Dávila, 1992; MEXU, 2004; SNIB-Conabio, 2004)
	Construcción rústica	corrales para aves	culmo	
	Construcción de viviendas	paredes	culmo	
	Forraje	consumida por bovinos, equinos y ovinos	hojas	
	Herramientas de trabajo	garrochas para cortar fruta	culmo	
	Muebles	sillas	culmo	
	Objetos personales	bastón	culmo	
<i>Guadua longifolia</i>	Alimento	se consume crudo o en conserva	brotos	(Meouchi, 1949; Mejía & Dávila, 1992; Torres & Martínez, 1993; MEXU, 2004; SNIB-Conabio, 2004; MBG, 2005)
	Construcción rústica	cercas y corrales	culmo y ramas	
	Construcción de vivienda	techos, paredes, puertas, ventanas y escaleras	culmo y ramas	
	Forraje	-	hojas	

Especie	Categoría de Uso	Usos	Parte utilizada	Fuente
<i>Bambusa vulgaris</i>	Herramienta de trabajo	cañas de pescar	culmo	(Fernández, 1955; Mejía & Dávila, 1992; Torres & Martínez, 1993; SNIB-Conabio, 2004; Aguilar, 2005; MBG, 2005; MEXU, 2004; Rodríguez, 2005)
	Medicinal	afecciones del riñón	ND	
	Papel	se extrae celulosa para la fabricación de pulpa para papel	fibras del culmo	
	Cestería	canastas de diversos tamaños	culmo y ramas	
	Construcción rústica	cercas, kioscos y andamios	culmo	
	Construcción de viviendas	muros, ventanas y puertas	culmo	
	Forraje	alimento para pandas en cautiverio en zoológicos públicos	hojas y ramas	
	Herramientas de trabajo	cañas de pescar	culmo	
	Ornato	en parques y jardines públicos	toda la planta	

3.10 Desarrollo Sustentable

El concepto de desarrollo sustentable, tal como se difunde actualmente, puede ubicarse en el origen de la comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD), establecida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el 19 de diciembre de 1983, presidida por el primer ministro noruego Gro Harlem Brundtland, (Estrella y González, 2017). El equipo de trabajo, también denominado Comisión Brundtland, efectuó estudios, disertaciones, análisis, debates y consultas públicas, por todo el mundo, durante tres años aproximadamente, finalizando en abril de 1987, con la publicación y divulgación del informe llamado “Nuestro Futuro Común” mejor conocido como “El Informe Brundtland” (Ramírez, Sánchez y García, 2003).

En el Informe Brundtland define el concepto de “Desarrollo Sustentable”, de la siguiente manera:

Desarrollo sustentable es aquel que resuelve las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de resolver las propias (Artaraz, 2002; Achkar, 2005).

El desarrollo mundial en esta definición implica dos aspectos importantes: Es “omni-disciplinaria”, es decir, no puede ser limitada a un número de áreas o disciplinas, sino que es aplicable al mundo entero y a cualquiera que lo habite, ahora y en el futuro y, en segundo lugar, no hay un fin particular establecido, la meta es la continuación del desarrollo.

Ramírez *et al.* (2003), señalan que dentro de esta definición se encierra en sí, dos conceptos fundamentales:

- El concepto de “necesidades”, en particular las necesidades esenciales de los pobres a los que debería otorgarse prioridad preponderante, dentro de las cuales comprenden condiciones para mantener un nivel de vida aceptable para la población.
- La idea de limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social entre la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras determinadas por las condiciones tecnológicas y la organización social.

Las necesidades consisten, en primer lugar, en satisfactores básicos, como comida, vestido, casa y empleo, en segundo lugar, en cada parte del mundo debe existir la oportunidad de elevar la calidad de vida sobre este mínimo absoluto. Estos límites dependen de limitantes naturales, como recursos finitos, así como reducción de la producción debida a la sobreexplotación, reducción de la calidad del agua y la disminución de la biodiversidad. Para nuestro futuro común, es preferible que las necesidades sean satisfechas sin tener que llegar a la producción límite, sino al contrario, de expandir la posibilidad de uso de los recursos. Esto nos lleva a la simple conclusión de que los desarrollos social, tecnológico y político pueden ser fácilmente evaluados a la luz del desarrollo sustentable de acuerdo con estos dos argumentos. Cualquier desarrollo debe ayudar a satisfacer las necesidades sin acercarse a los límites de uso de recursos (Anónimo, s/f).

En su sentido más amplio, la estrategia para el desarrollo sustentable tiende a promover las relaciones armoniosas de los seres humanos entre sí y entre la

humanidad y la naturaleza (Ramírez *et al.*, 2003). La consecución de un desarrollo sustentable requiere:

- Un sistema político democrático que asegure a sus ciudadanos una participación efectiva en la toma de decisiones;
- Un sistema económico capaz de crear excedentes y conocimiento técnico sobre una base autónoma y constante;
- Un sistema de producción que cumpla con el imperativo de preservar el medio ambiente;
- Un sistema tecnológico capaz de investigar constantemente nuevas soluciones;
- Un sistema internacional que promueva modelos duraderos de comercio y finanzas; y,
- Un sistema administrativo flexible y capaz de corregirse de manera autónoma.

Teniendo por objetivo encontrar el equilibrio entre el medio ambiente y el uso de los recursos naturales. La humanidad en su paso por el planeta ha degradado los recursos naturales de tal forma que actualmente es necesario procurar y planear concienzudamente el consumo de los mismos para garantizar su existencia en las generaciones futuras (CCGS, 2013).

La noción de sustentabilidad tiene su origen en el ideal del desarrollo sustentable. Desarrollo no es sinónimo de crecimiento económico; este es sólo uno de los medios para lograr el primero. De modo tal, la implicación lógica del desarrollo sustentable es una economía material de crecimiento cero, combinada con una economía no material de crecimiento positivo. Mientras que el crecimiento demográfico y el crecimiento económico material, deberán estabilizarse con el tiempo (Cortés y Peña, 2015).

3.10.1 Sostenible o sustentable

En la literatura en español, se encuentra la utilización de los términos sostenible y sustentable; desarrollo sostenible y desarrollo sustentable; sostenibilidad y sustentabilidad (Cortés y Peña, 2015). El diccionario de la Real Academia Española

(RAE), define sustentable como: “que se puede sustentar o defender con razones”; y sostenible como “dicho de un proceso que puede mantenerse por sí mismo, como lo hace”.

Resulta evidente el parentesco entre las dos palabras (Alfaro, Limón y Martínez, 2014). En resumen, desarrollo sostenible y desarrollo sustentable quieren decir lo mismo. Siendo fácil observar que el desarrollo sustentable no se refiere a un problema limitado de adecuaciones ecológicas de un proceso social, sino a una estrategia o modelo para la sociedad, que debe tener una viabilidad económica y factibilidad ecológica.

Teniendo en cuenta que ningún recurso renovable deberá utilizarse a un ritmo superior al de su generación, ningún contaminante deberá producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente, ningún recurso no renovable deberá aprovecharse a mayor velocidad de lo necesario para sustituirlo por uno renovable utilizado de manera sostenible (Cortés y Peña, 2015).

Se refiere al desarrollo sustentable como un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad compromisos y responsabilidades al aplicar mecanismos económicos, políticos, ambientales y sociales, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida. Requiere el manejo de recursos naturales, humanos, sociales, económicos y tecnológicos, con el fin de alcanzar una mejor calidad de vida para la población, y al mismo tiempo, velar porque los patrones de consumo actual no afecten el bienestar de las generaciones futuras (Cortés y Peña, 2015).

3.10.2 Dimensiones de la Sustentabilidad

El desarrollo sustentable exige la integración de tres distintas dimensiones que busca una articulación planificada entre ellas: la dimensión ecológica o ambiental (medio ambiente, herramientas de evaluación, recursos, tecnologías verdes), la dimensión económica (aspectos económicos, la gestión, las partes interesadas, la

política y las políticas) y la dimensión sociocultural (valores e impactos sociales) (Figura 19) (Cortés y Peña, 2015). Se busca sobre todo el ahorro de energías y recursos naturales para asegurar el bienestar de la población en el tiempo.

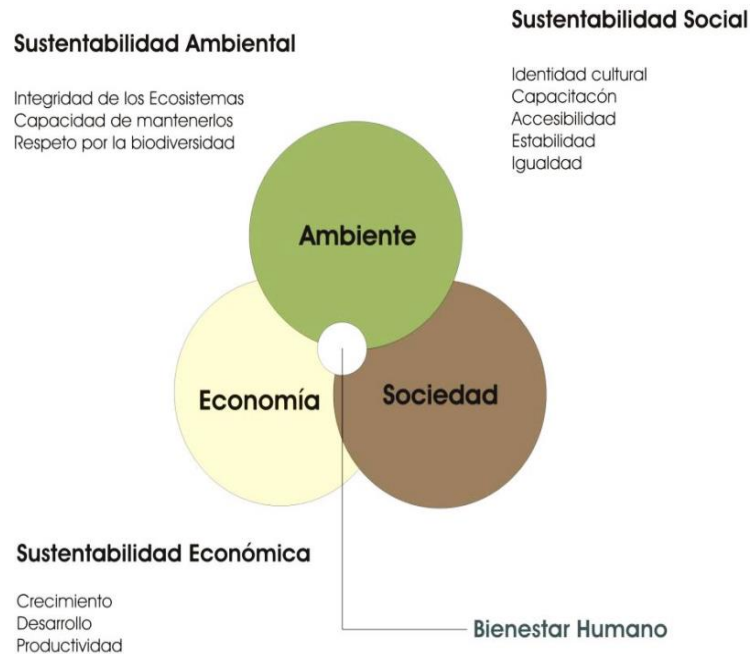


Figura 19. Dimensiones Generales del Desarrollo Sustentable.

- **Dimensión ecológica (ambiental)**

En esta dimensión se presta especial atención a la biodiversidad y, principalmente, a los recursos como el suelo, el agua y la cobertura vegetal (bosque), que son los factores que en un plazo menor determinan la capacidad productiva de determinados espacios (Díaz y Escárcega, 2009).

Supone que la economía sea circular, que se produzca un *cierre de los ciclos*, tratando de imitar a la naturaleza. Es decir, hay que diseñar sistemas productivos que sean capaces de utilizar únicamente recursos y energías renovables, y no producir residuos, ya que éstos vuelven a la naturaleza (compost, por ejemplo) o se convierten en *input* de otro producto manufacturado (Artaraz, 2002).

- **Dimensión económica**

La dimensión económica del desarrollo sustentable se centra en mantener el proceso de desarrollo económico por vías óptimas hacia la maximización del bienestar humano, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por la disponibilidad del capital natural (Díaz y Escárcega, 2009).

De forma general, cuando nos enfocamos en la dirección de una economía y su futuro desde una perspectiva equilibrada, miramos el sistema que determina de qué manera se distribuyen los recursos limitados y su capacidad de utilizarlos, al mismo tiempo se examina qué opciones se emplean a todos los niveles y quién lo necesita desde el ámbito de los recursos económicos (OVACEN, 2017).

- **Dimensión social**

La dimensión social del desarrollo sustentable consiste en reconocer el derecho a un acceso equitativo a los bienes comunes para todos los seres humanos, en términos intrageneracionales e intergeneracionales, tanto entre géneros como entre culturas. La dimensión social no solo se refiere a la distribución espacial y etaria de la población, sino que remite, de manera especial, al conjunto de relaciones sociales y económicas que se establecen en cualquier sociedad y que tienen como base la religión, la ética y la propia cultura. Asimismo, esta dimensión tiene como referente obligatorio a la población, y presta especial atención a sus formas de organización y de participación en la toma de decisiones. También se refiere a las interacciones entre la sociedad civil y el sector público (Díaz y Escárcega, 2009).

Se considera que se alcanza cuando los costos y beneficios son distribuidos en forma adecuada y equitativa tanto entre el total de la población actual como entre las generaciones presentes y futuras (Estrella y González, 2017).

Frente a un mundo dominado por el individualismo, la superproducción, el consumo y el uso mercantil de la ciencia y tecnología, se requiere construir otro basado en la solidaridad, la vida comunitaria y una ciencia (post-normal) capaz de aceptar y combinarse con los saberes populares. Proponiendo y difundiendo una conciencia

social y ecológica; solidaria con la naturaleza y las generaciones futuras (Martínez, 2003).

Conociendo esto, mientras que el concepto de Desarrollo Sostenible o sustentable incorpora la palabra sostener desde tres enfoques, el social, el económico y el ecológico, considerando, que para que sea sostenible significa que desde todos los puntos de vista debe continuar indefinidamente por lo que propone mecanismos para elevar la calidad de vida de la población además de conservar y restaurar los recursos naturales, mantener los procesos ecológicos, la diversidad biológica, la equidad de género, de raza, de credo, la distribución responsable de los recursos, etc., lo que implica cambio de actitudes, aspectos éticos, educativos, conciencia, responsabilidad y un compromiso de todos los grupos sociales que habitan el planeta (López, López, y Ancona, 2005).

Siendo imprescindible impulsar un desarrollo endógeno desde abajo y la gestión participativa de proyectos integrales, mediante fórmulas innovadoras y creativas de asociación local, capaces de hacer converger capacidades y valores del desarrollo sustentable, donde el desarrollo humano de la población y sus condiciones de vida tienen prioridad real, porque estas dimensiones son las que verdaderamente potencian un desarrollo sustentable y duradero (Cortés y Peña, 2015).

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar los bambúes nativos presentes en comunidades de Suchiapa, Chiapas, México, que por sus características, aplicaciones y cualidades pueden ser aprovechadas y empleadas por los habitantes de la zona.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las especies de bambúes nativos útiles presentes en la zona de Suchiapa, Chiapas.
- Conocer el manejo y aprovechamiento de las especies de bambú en Suchiapa, Chiapas.
- Determinar las especies prioritarias de bambú para ser empleadas en la construcción.
- Determinar las características físico-mecánicas de una especie de bambú útil para la construcción.

V. HIPÓTESIS

En la comunidad La Ciénega del municipio de Suchiapa, Chiapas, se aprovechan especies de bambúes nativos, principalmente de forma ornamental y para la construcción; estas especies presentan propiedades físicas y mecánicas de fuerza y resistencia idóneas para ser empleadas como elementos constructivos.

VI. METODOLOGÍA

Para el estudio y análisis de los bambúes nativos en la localidad de La Ciénega, Suchiapa, Chiapas, se emplearon diferentes fuentes de información tanto científica como empíricas. Partiendo de bases bibliográficas, reglamentos, antecedentes históricos, visitas a campo, aplicación del método etnográfico, procurando en todo momento adquirir información precisa que permita determinar las perspectivas actuales que se tienen en la localidad con el bambú.

6.1 Descripción del área de estudio

6.1.1 Toponimia

Suchiapa, de origen nahoa, significa "La nueva Chiapa", de shuchtik, joven; y chiapan, Chiapa. Por su parte, chiapan expresa "Agua debajo del cerro" (CEIEG, 2015).

6.1.2 Localización

El área de estudio se localiza en el municipio de Suchiapa, en la Depresión Central del estado de Chiapas, México (INAFED, 2010), en la localidad denominada la Ciénega, donde se colectaron los culmos de *Otatea fimbriata* Soderstrom (*Guich*), bajo las coordenadas geográficas: 16°33'47.7" latitud Norte y 93°10'54.9 longitud Oeste, a una altitud de 1003 m.s.n.m (Figura 20). En la región se presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano; con una vegetación de selva baja caducifolia y bosque de encino (INAFED, 2010; INEGI, 2010; CEIEG, 2015).

Es de precisar que los pobladores de Suchiapa, Chiapas denominan como "Guich" a la especie proveniente del género *Otatea*, en este caso atribuidos a la especie *Otatea fimbriata* Soderstrom que crece de forma silvestre en la zona de la Ciénega. Principalmente se desconoce el origen y significado del nombre, principalmente se le atribuyen rasgos de la lengua Chiapa.

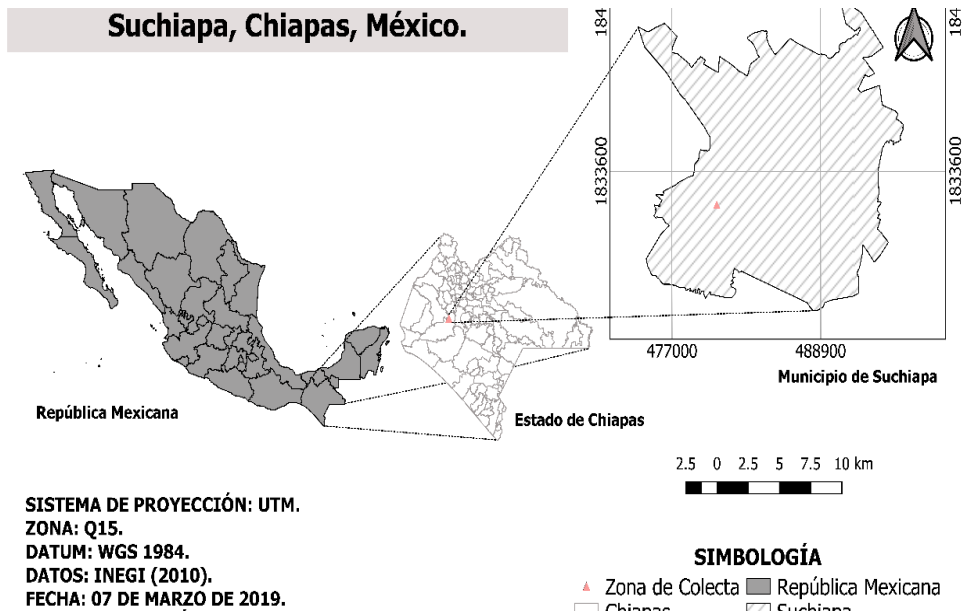


Figura 20. Localización de la Zona de Colecta de *Otatea fimbriata* Soderstrom.

6.1.3 Entorno Físico

6.1.3.1 Fisiografía

Tomando en consideración el Mapa de Fisiografía en la localidad de la Ciénega está representado por un relieve de sierra alta de laderas tendidas que van de los 980 mts y 1300 mts sobre el nivel del mar (Figura 21) (CEIEG, 2015).

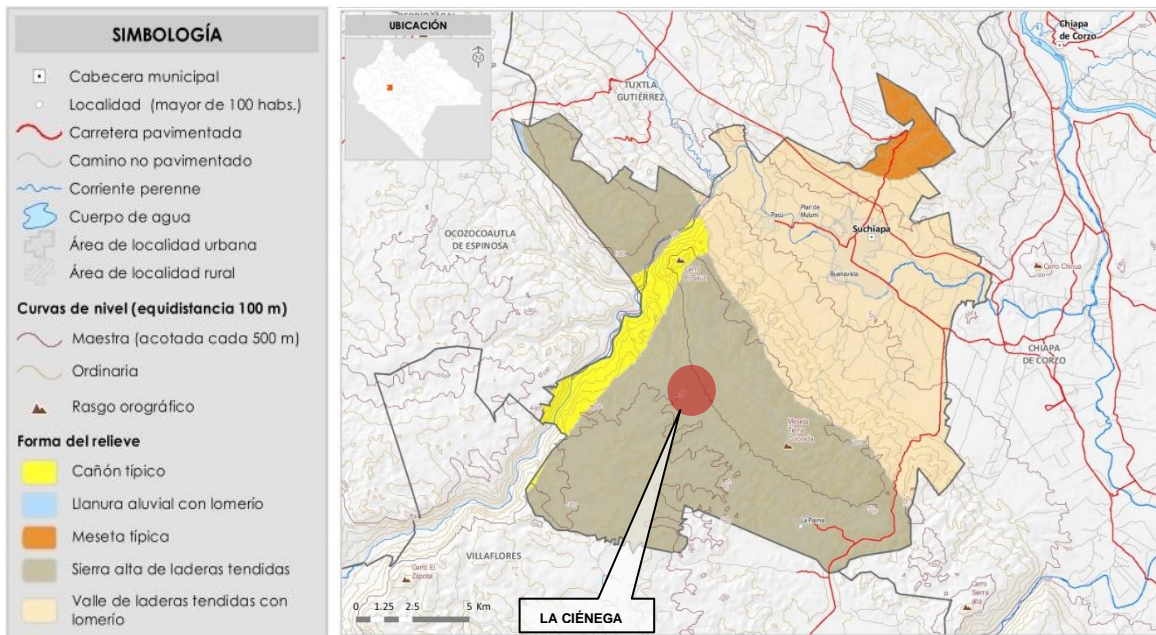


Figura 21. Fisiografía presente en el municipio de Suchiapa, Chiapas (CEIEG, 2015).

6.1.3.2 Hidrología

La zona que comprende a la localidad de la Ciénega se presentan una serie de corrientes intermitentes que componen la subcuenca del Rio Suchiapa y Rio Santo Domingo que forman parte de la cuenca R. Usumacinta (Figura 22) (CEIEG, 2015).

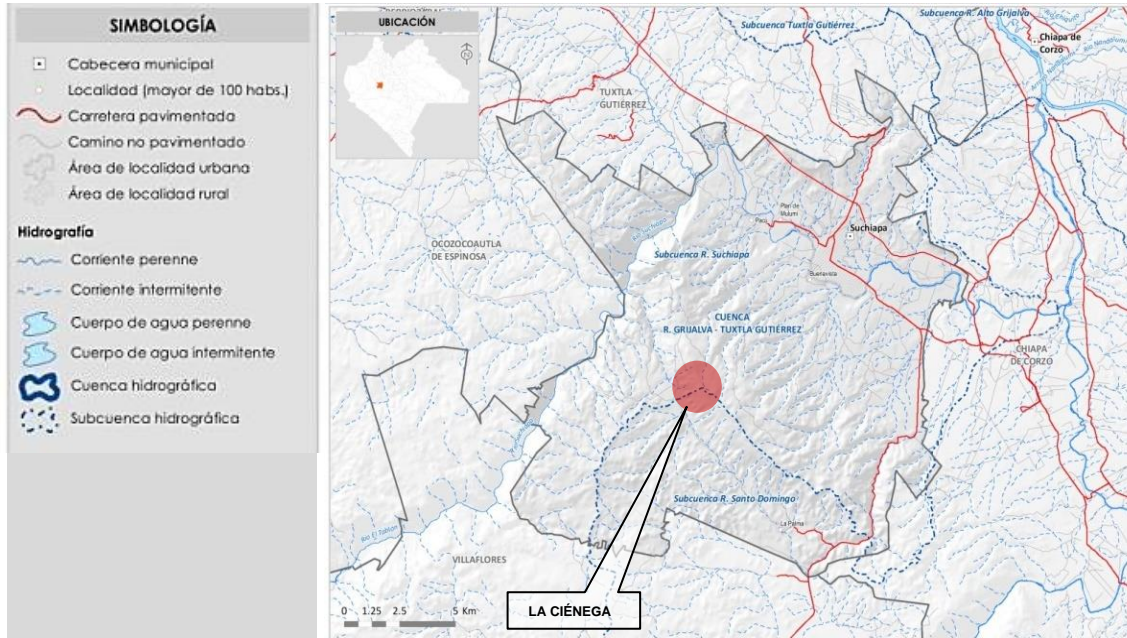


Figura 22. Hidrografía presente en el municipio de Suchiapa, Chiapas (CEIEG, 2015).

6.1.3.3 Geología

Tomando en consideración el mapa de Geología presentado por el Comité Estatal de Información Estadística y Geografía, el tipo de roca que conforma la corteza terrestre en la localidad es de roca caliza (Figura 23) (CEIEG, 2015).

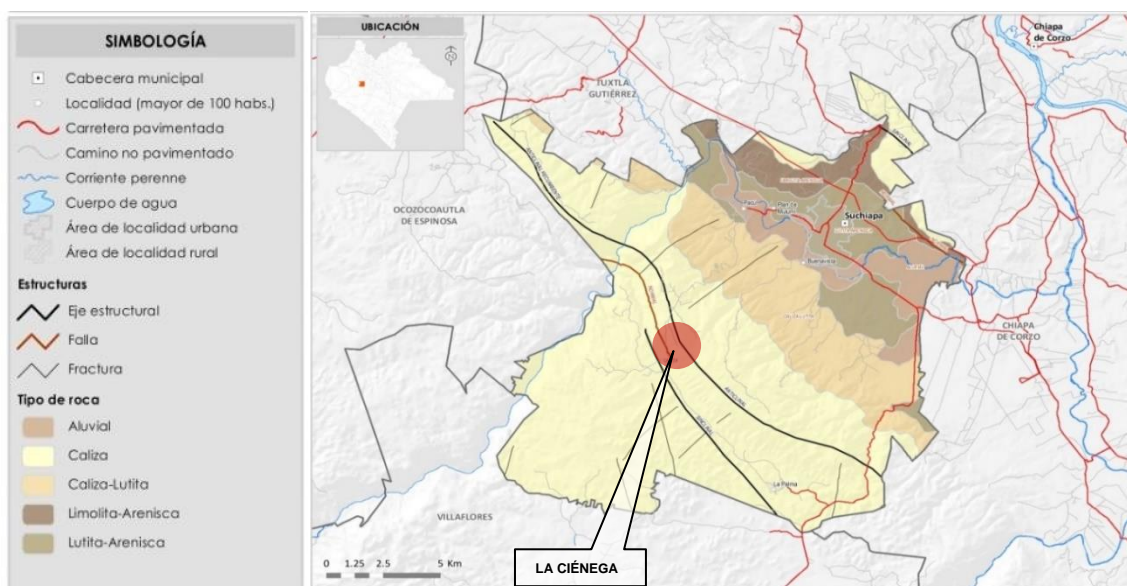


Figura 23. Geología presente en el municipio de Suchiapa, Chiapas (CEIEG, 2015).

6.1.3.4 Edafología

Los principales tipos de suelos presentes en la localidad son: Leptosol, Luvisol y Phaeozem (Figura 24) (CEIEG, 2015).

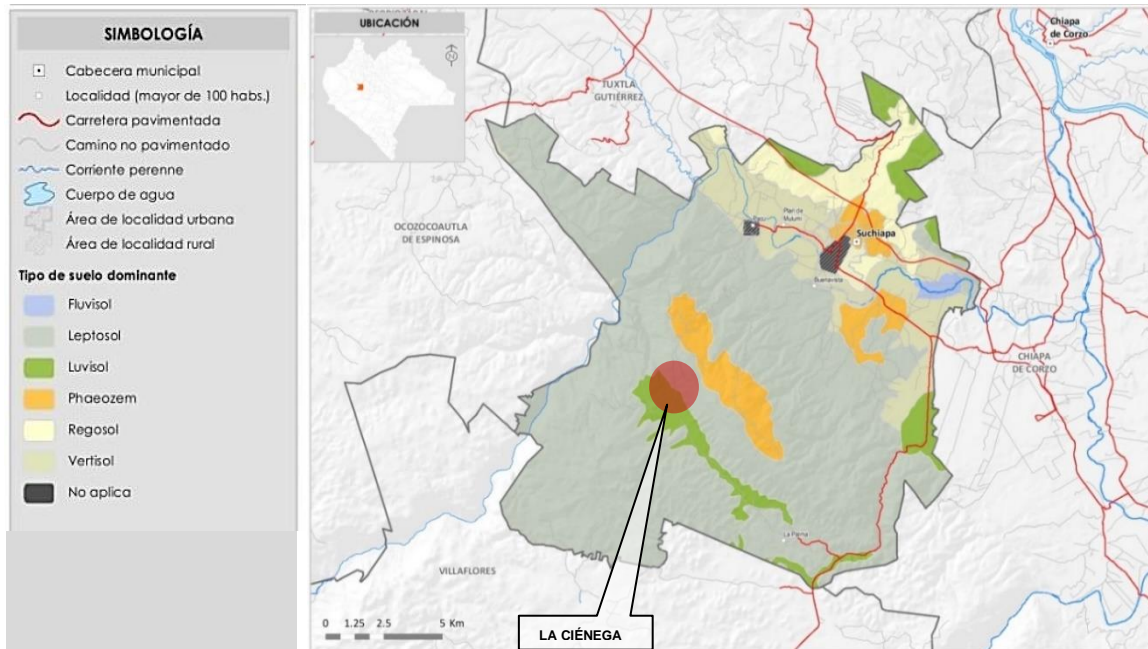


Figura 24. Edafología presente en el municipio de Suchiapa, Chiapas (CEIEG, 2015).

6.1.3.5 Clima

Los climas existentes en la localidad son: Cálido subhúmedo con lluvias de verano, humedad media y Semicálido subhúmedo con lluvias de verano, humedad media (Figura 25) (CEIEG, 2015).

Durante los meses de Mayo a Octubre, las temperaturas mínimas promedio es de 30 a 33°C. En tanto las temperaturas máximas promedio es de 27 a 30°C (Figura 26) (CEIEG, 2015).

Durante los meses de noviembre a abril, las temperaturas mínimas promedio presentadas en la zona es de 15 a 18°C. Mientras que las máximas promedio en este mismo periodo es de 12 a 15°C (Figura 27) (CEIEG, 2015).

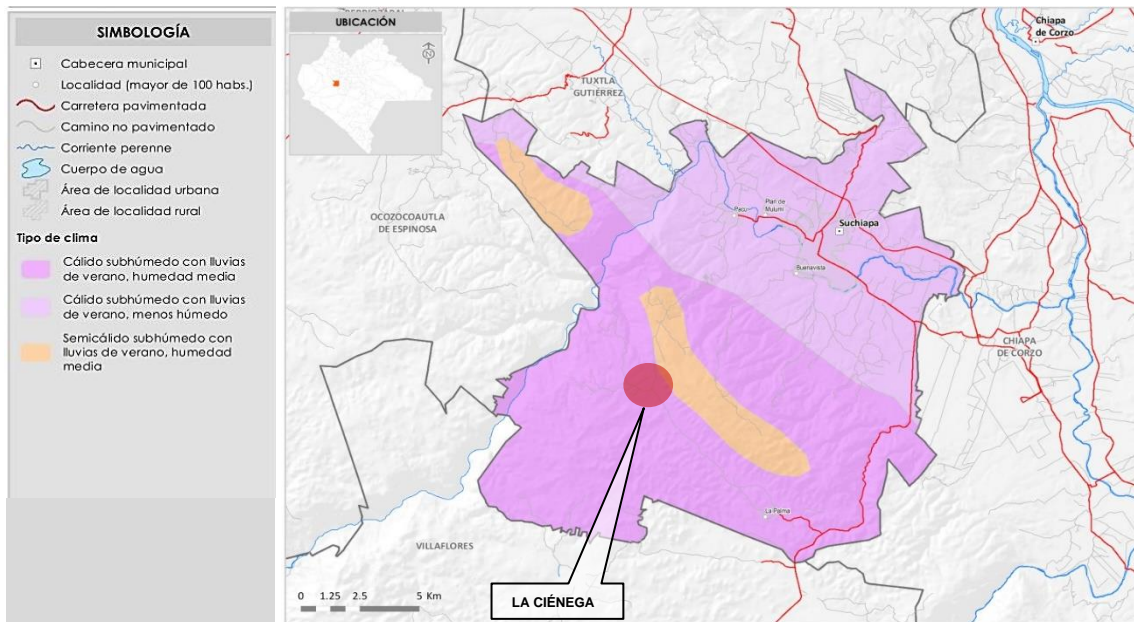


Figura 25. Climas predominantes en la zona correspondiente al municipio de Suchiapa, Chiapas (CEIEG, 2015).

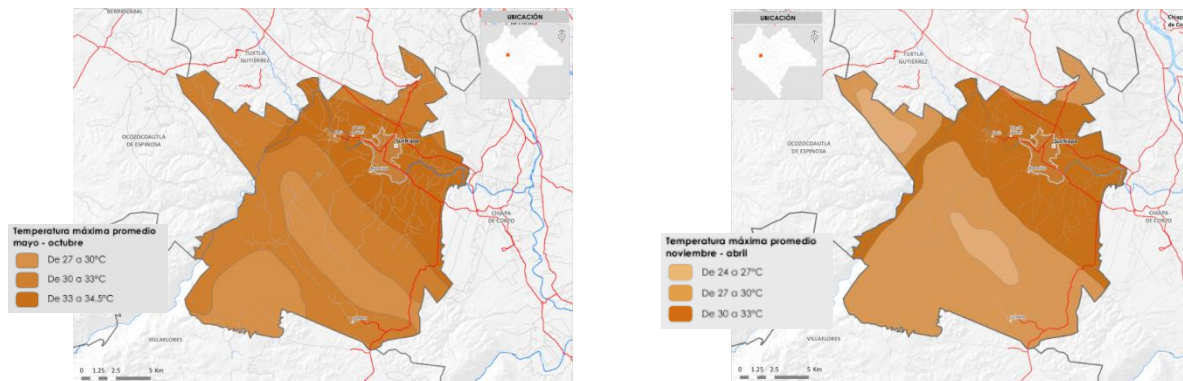


Figura 26. Temperaturas máximas promedio mayo – octubre. Y Temperaturas máximas promedio noviembre – abril encontradas en el municipio de Suchiapa, Chiapas (CEIEG, 2015).

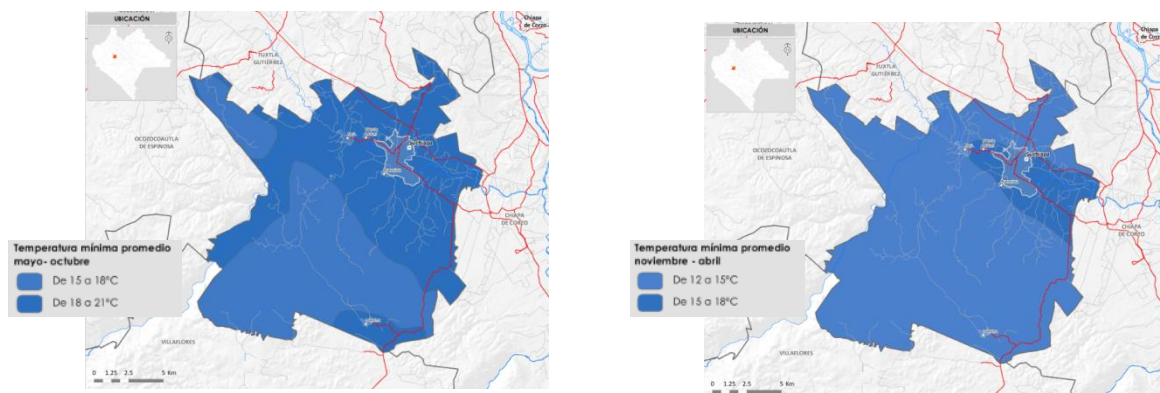


Figura 27. Temperaturas mínimas promedio mayo – octubre. Y Temperaturas mínimas promedio, noviembre – abril encontradas en el municipio de Suchiapa, Chiapas (CEIEG, 2015).

6.1.3.6 Lluvias

En los meses de mayo a octubre, la precipitación media es: de 900 a 1000 mm. En los meses de noviembre a abril, la precipitación media es de 50 a 75 mm (Figura 28) (CEIEG, 2015).

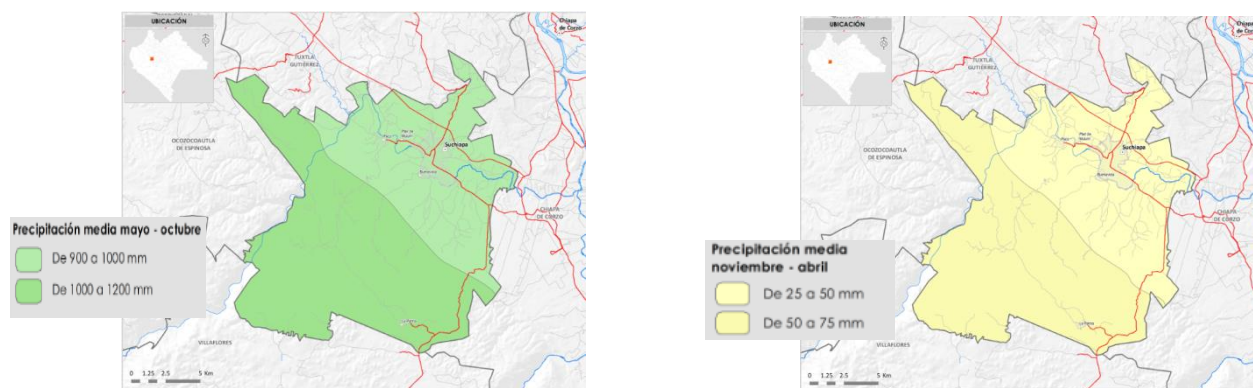


Figura 28. Precipitación media promedio mayo – octubre. Precipitación media promedio noviembre – abril presentes en el municipio de Suchiapa, Chiapas (CEIEG, 2015).

6.1.4 Vegetación

La cobertura vegetal y el aprovechamiento del suelo en la localidad se distribuye de la siguiente manera: Agricultura de temporal, Selva baja caducifolia (secundaria), Bosque de encino (Figura 29) (CEIEG, 2015).

Se constituyen principalmente: nanche, roble, caoba, camarón, cepillo, cupapé, guaje, huizache (espina blanca), ishcanal, mezquite y sospó.

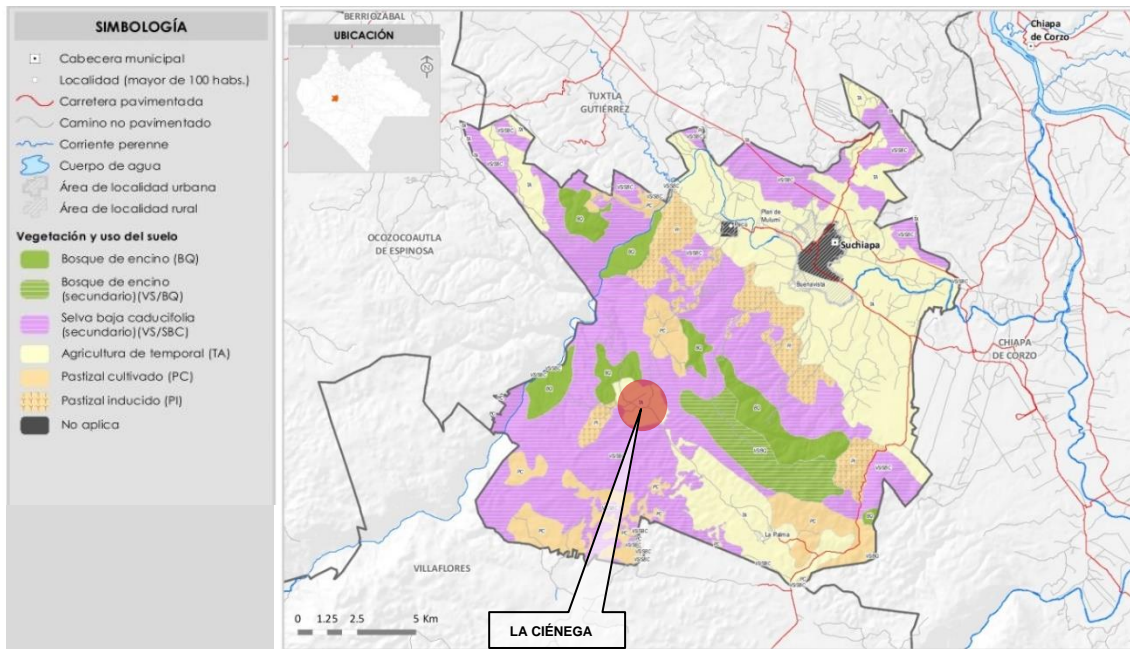


Figura 29. Vegetación y uso de suelo del municipio de Suchiapa, Chiapas (CEIEG, 2015).

6.1.5 Fauna

En lo que a la fauna se refiere ésta se representa por diversas clases de especies distinguiéndose: boa, cantil, falsa, iguana de roca, iguana de ribera, correcaminos, chachalaca, olivácea, gavilán coliblanco, mochuelo rayado, urraca copetona, comadreja, murciélago, tlacuache y zorro (H. Ayuntamiento municipal, 2011).

6.1.6 Elementos Demográficos

6.1.6.1 Población

La población total de municipio en 2015 es de 24, 049 personas que representa el 0.5% de la población estatal. De entre los cuales el 49.7% (11,958) son hombres y el 50.3% (12,091) son mujeres. Teniendo además una densidad de población de 84.7 hab/km² (INEGI, 2016).

6.1.6.2 Localidades

El municipio de Suchiapa, está integrado por una zona urbana y 67 localidades, dentro de los cuales según datos de SEDESOL (2013), la localidad de la Ciénega se encuentra con un grado de marginación muy alto (Cuadro 4).

Cuadro 4. Localidades del municipio de Suchiapa y su grado de marginación.

Clave entidad	Nombre de la entidad	Clave del municipio	Nombre del municipio	Clave de la localidad	Nombre de la localidad	Población 2010	Grado de marginación de la localidad 2010	ZAP rural	Cobertura PDZP	Estatus	Ámbito
07	Chiapas	086	Suchiapa	070860001	Suchiapa	16,637	Alto	Sí	Sí	Activa	Urbano
07	Chiapas	086	Suchiapa	070860008	La Ciénega	77	Muy alto	Sí	Sí	Activa	Rural
07	Chiapas	086	Suchiapa	070860023	Pacú	2,440	Alto	Sí	Sí	Activa	Rural
07	Chiapas	086	Suchiapa	070860024	La Palma	630	Alto	Sí	Sí	Activa	Rural
07	Chiapas	086	Suchiapa	070860026	Plan de Mulumí	427	Alto	Sí	Sí	Activa	Rural
07	Chiapas	086	Suchiapa	070860068	Buenavista	297	Alto	Sí	Sí	Activa	Rural

(SEDESOL, 2013).

6.1.6.2.1 Localidad de la Ciénega

La localidad de La Ciénega presenta una población total de 77 personas entre las cuales 44 son hombres y 33 mujeres (SEDESOL, 2013).

El ratio mujeres/hombres es de 0,750, y el índice de fecundidad es de 3,29 hijos por mujer. Del total de la población, el 0,00% proviene de fuera del Estado de Chiapas. El 19,48% de la población es analfabeta (el 13,64% de los hombres y el 27,27% de las mujeres). El grado de escolaridad es del 3.07 (3.14 en hombres y 3 en mujeres).

El 0,00% de la población es indígena, y el 0,00% de los habitantes habla una lengua indígena. El 0,00% de la población habla una lengua indígena y no habla español. El 29,87% de la población mayor de 12 años está ocupada laboralmente (el 52,27% de los hombres y el 0,00% de las mujeres).

En La Ciénega hay 13 viviendas. Entre las cuales el 15,38% cuentan con electricidad, el 0,00% tienen agua entubada, el 0,00% tiene excusado o sanitario, el 53,85% radio, el 30,77% televisión, el 0,00% refrigerador, el 0,00% lavadora, el 15,38% automóvil, el 0,00% una computadora personal, el 0,00% teléfono fijo, el 0,00% teléfono celular, y el 0,00% Internet.

6.2 Trabajo de Gabinete y Visita Prospectiva

Se llevó a cabo una revisión de trabajos sobre diferentes aspectos como etnobotánica y taxonomía de las especies de bambúes mexicanos en distintas fuentes bibliográficas, como lo son: tesis, normas y especificaciones diversas, artículos provenientes de periódicos, revistas científicas, estadísticas y de la red Internet.

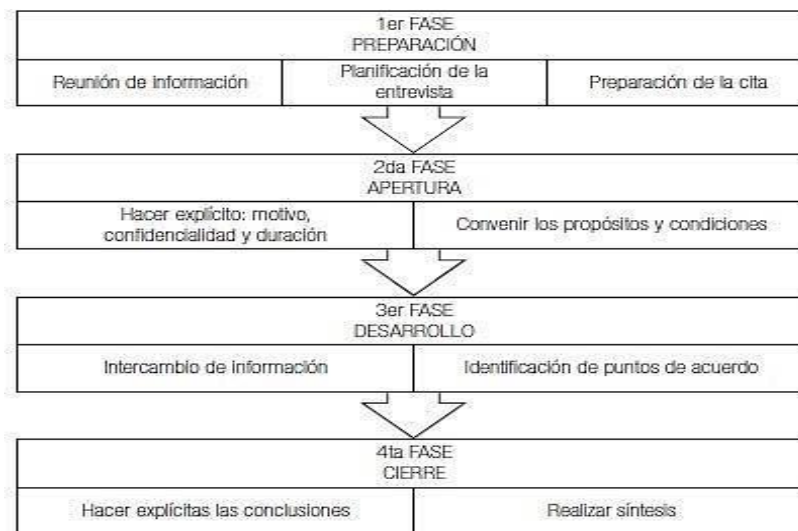
Para recabar información detallada sobre la ubicación y las condiciones en donde se encuentran las especies de bambúes en el área de estudio, se consultaron las colecciones del Herbario Chip del Instituto de Historia Natural y Ecología de Chiapas, Así como del Jardín botánico Faustino Miranda en el Estado de Chiapas, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (Etnobotánica). Aunado a ello, se llevó a cabo una visita prospectiva a la comunidad de la Ciénega, en compañía de habitantes que fungieron como guías los que darán a conocer a las autoridades y pobladores el objetivo del estudio, pedir permiso para recorrer y ubicar en campo a las poblaciones de bambú, así como para recabar información de éstas mediante la aplicación de entrevistas semi-estructuradas.

6.3 Método Etnográfico

Para poder recabar la información, referente a los Conocimientos Ecológicos Tradicionales que los pobladores de la Ciénega tienen sobre los bambúes nativos, así como los usos y aprovechamiento que hacen de estas plantas, se utilizó el Método Etnográfico el cual está permite conocer los saberes ancestrales y la relación que existe entre el ser humano y la naturaleza. Para ello, primero se llevó a cabo la aplicación de entrevistas, ya que la entrevista es uno más de los instrumentos cuyo propósito es recabar datos, pero debido a su flexibilidad permite obtener información más profunda, detallada, que incluso el entrevistado y entrevistador no tenían identificada, ya que se adapta al contexto y a las características del entrevistado (Díaz *et al.* 2013). Es una técnica o actividad que, conducida con naturalidad, hace imperceptible su importancia y potencialidad. La o el sujeto, a partir de relatos personales, construyen un lugar de reflexión, de autoafirmación (de un ser, de un hacer, de un saber), de “objetivación” de su propia experiencia (Gurdián, 2007).

Para la investigación se empleó la entrevista semiestructurada, ya que presentan un grado mayor de flexibilidad que las estructuradas, debido a que éstas parten de preguntas planeadas, que pueden ajustarse a los entrevistados. Su ventaja es la posibilidad de adaptarse a los sujetos con enormes posibilidades para motivar al interlocutor, aclarar términos, identificar ambigüedades y reducir formalismos (Cuadro 5) (Díaz *et al.* 2013).

Cuadro 5. Fases de la entrevista. (Díaz *et al.* 2013)



Para poder obtener la información necesaria dentro de la localidad se utilizó la técnica de *muestreo en cadena o por redes* (“bola de nieve”) (Hernández Sampieri *et al.* 2014) en donde se identifican participantes clave y se agregan a la muestra, se les pregunta si conocen a otras personas que puedan proporcionar más datos o ampliar la información y una vez contactados se les incluye también.

Para ello, se realizaron visitas periódicas al área de estudio que permitirán recabar la información necesaria sobre los bambúes nativos. Para lo cual resultará muy conveniente grabar audio o video, así como tomar fotografías, elaborar mapas y diagramas sobre el contexto o ambiente (y en ocasiones sus “movimientos” y los de los participantes observados) (Hernández Sampieri *et al.* 2014).

6.4 Ubicación de las Especies de Bambú

Se realizó visitas de campo dos veces al mes, distribuidas en dos temporadas respectivamente que abarcan los meses de Enero-Mayo (temporada de seca) y los meses de Junio a Agosto (temporada de lluvias).

Tomando los datos generales a tomar antes de empezar a recolectar el material son: localidad, incluyendo además de la posición geográfica, las coordenadas de latitud y longitud, altura sobre el nivel del mar, tipo de hábitat, nombres comunes y usos a nivel local (Londoño, 2010).

6.5 Determinación taxonómica de las Especies de Bambú

Los bambúes debido a su naturaleza especializada y a su floración infrecuente son plantas pocas y mal recolectadas. Para realizar una buena recolección, se debe saber qué estructuras son más significativas taxonómicamente, qué información se debe recopilar, y cómo y qué partes se deben recolectar. Para todas las mediciones se recomienda el sistema métrico decimal (Londoño, 2010).

Lista de prioridades para una buena recolección (Londoño, 2010).

1. El equipo de campo debe constar de machete, sierra o segueta, tijeras de podar, guantes gruesos, cinta métrica, libreta de campo, cámara fotográfica, altímetro y GPS.

2. Equipo Fotográfico: En el caso de que se tenga equipo fotográfico se debe fotografiar especialmente el hábitat y el hábito de la planta y algunos detalles espectaculares; se recomienda un lente normal y un gran angular.

3. Las partes a recolectar son: culmo, hojas caulinares, ramas, follaje, inflorescencia y a veces rizoma.

4. El material correspondiente a ramas de follaje, inflorescencias y hojas caulinares debe ser procesado en la prensa botánica, debidamente marcado y secado al sol o en secadores eléctricos o de kerosene; los segmentos de culmos, complementos de ramas y rizomas deben secarse al aire y marcarse separadamente.

5. La etiqueta que acompaña al espécimen de herbario tiene que ser concisa y contener la información más completa posible, sin incluir aquellos caracteres que puedan ser vistos en el espécimen por sí solos; debe llevar localidad, nombre del recolector, número de colección, fecha de recolección, altitud y descripción concisa del hábitat y de la planta.

6. Del culmo se debe recolectar un segmento con un mínimo de 2 nudos, partido o no longitudinalmente, y anotar tamaño (altura y diámetro), hábito, y densidad de los culmos/m (esparcimiento); en el nudo se debe observar si la línea nodal está solitaria o en sucesión continua, el tipo de arquitectura y el vestimento; y del entrenudo el tamaño, color, superficie, forma, estado (sólido o hueco), y contenido interno; este material se debe secar al aire preferiblemente.

8. De las ramas se deben recolectar uno o dos complementos representativos de un culmo maduro; cortar el segmento de culmo aproximadamente 5 cm arriba y abajo del nudo y recortar las ramas hasta unos 5 cm. Tratando de incluirle el primer nudo. Se deben secar al aire removiéndoles todas las vainas. De las ramas se debe anotar su localización en el culmo, hábito y longitud, desarrollo intravaginal, infravaginal, o extravaginal; número de ramas y organización; origen con relación al nudo, posición con respecto al nudo y modificaciones si las hay como presencia de espinas.

9. Del follaje se deben recolectar ramas con hojas en estado joven y adulto, y anotar condición de la hoja después de cortada, hábito y color; una vez cortadas se deben prensar inmediatamente para evitar que se deshidraten y colocarlas sobre el papel periódico de tal manera que se vean ambas superficies de la lámina. Si el material se deshidrata, se debe humedecer colocándolo dentro de una bolsa plástica cerrada herméticamente o sumergiéndolo dentro de un tanque con agua. Las láminas foliares muy grandes se deben doblar cuidadosamente en varias partes.

10. De la inflorescencia se deben recolectar ramas con flores en todos los estados de desarrollo y anotar el hábito (erecto, laxo, colgante), su posición en la mata (ramas terminales o axilares), y el tipo de floración (total o parcial). En el caso de encontrar en el campo un bambú florecido junto a otro sin florecer, se debe recolectar cada planta bajo números separados, anotando las referencias necesarias.

11. Del rizoma se debe recolectar una sección de aproximadamente 50 cm. De longitud, dejando un segmento de culmo de 15 cm. Por encima del suelo. El rizoma se debe secar al aire removiéndole todas las brácteas y la tierra. Se debe anotar tamaño (longitud y diámetro), hábito, presencia o no de yemas en el cuello, y presencia y ubicación de raíces y raicillas.

Una vez colectado el material en campo de los ejemplares de especies, éstos servirán para su determinación taxonómicamente mediante la revisión de la colección de bambúes nativos de Chiapas en el Herbario Chip del Instituto de Historia Natural y Ecología de Chiapas, y consultando a los expertos en la materia en el área que corresponde a bambú del Jardín Botánico Faustino Miranda.

6.6 Determinación de Propiedades físicas y mecánicas de *Otatea fimbriata* Soderstrom.

La información tecnológica sobre las propiedades físico-mecánicas de las especies de bambú localizadas en La Ciénega es imprescindible para saber las posibles aplicaciones y de sus formas de empleo.

De acuerdo con Ordóñez (1999) y García *et al.* (2015), los datos básicos para obtener una caracterización física y mecánica lo más completa del bambú son los siguientes:

Características físicas

- Densidad
- Contracciones (lineal, radial, tangencial)
- Humedad

Características mecánicas

- Resistencia a la compresión paralela a las fibras

- Resistencia a la compresión perpendicular a las fibras
- Resistencia a la tensión paralela a las fibras
- Resistencia a la tensión perpendicular a las fibras
- Resistencia al contante paralelo a las fibras
- Resistencia a la flexión

6.6.1 Selección del material

Para la selección de los culmos de Guich (*Otatea fimbriata* Soderstrom) se contó con la ayuda de personas oriundas del sitio, las cuales poseen la experiencia y conocimiento sobre el material que han heredado de generación en generación. En el lugar se escogieron aquellos Guich que estuvieran maduros (hechas); es decir, cuándo su resistencia estuviera completamente desarrollada como ya se mencionó anteriormente y se cortaron en luna nueva. Tal como se aprecia en la figura 30, el estado de madurez de la especie. Los culmos seleccionados se encontraban sanos y libres de todo defecto (No quebrado, deteriorado, descolorido y libre de todo ataque de insectos).



Figura 30. Estado de madurez de *O. fimbriata* (Guich).

6.6.2 Identificación de culmos y corte de probetas

Para tener un control riguroso de los especímenes a cortar, correspondientes a cada una de las pruebas se requirieron de claves de identificación de cada pieza, para distinguirlos de manera inequívoca; lo cual se especifica a continuación:

6.6.2.1 Identificación

Se identificaron en cada parte del culmo los especímenes para elaborar los esquemas de cortes de probetas con su ubicación exacta (Aponte, 2016).

- Identificación de la parte Inferior (I), Media (M) y Superior (S).
- Conteo, marcación y medición de los entrenudos que constituyen el culmo.
- Medición de cuatro espesores en cada sección transversal, en los mismos puntos donde se midieron los diámetros.
- Identificación de características y defectos presentes (rajaduras, curvas pronunciadas, huecos) en los culmos, que se tendrán en cuenta para la ubicación de probetas.
- Digitalización de toda la información recolectada en las etapas anteriores.

Se procedió a marcar cada probeta siguiendo la nomenclatura señalada en la figura 31, identificando su posición y nombre de correspondiente a cada ensayo.

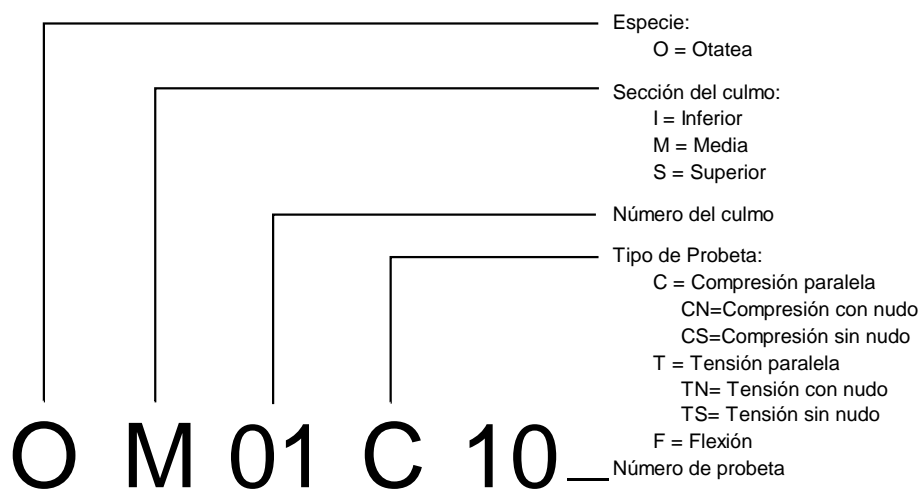


Figura 31. Nomenclatura para la identificación de las diferentes probetas para los ensayos.

6.6.3 Corte y preparación de probetas

Para las probetas del ensayo a compresión paralela a la fibra se cortaron empleando una sierra ingletadora DEWALT procurando la paralelidad en cada corte, además para evitar que al cortar existiera un desprendimiento de fibra se procede a enmascarar con cinta adhesiva cada punto de corte (Figura 32).



Figura 32. Proceso de corte de las probetas a compresión paralela a la fibra haciendo uso de la sierra ingletadora procurando siempre la paralelidad del corte y mediante el enmascarado con cinta adhesiva en la zona del corte se garantizó un corte preciso sin desprendimiento de fibra.

Para las probetas empleadas en los ensayos a flexión paralela a las fibras, estos se cortaron de una longitud de 70 cm en promedio (longitud establecida por la pieza de ensayos a 3 puntos, más una longitud el corte de los extremos a una distancia no mayor a 5 cm del nudo) (Figura 33).



Figura 33. Proceso de corte de probetas para los ensayos a Flexión paralela a la fibra empleando la sierra ingletadora.

Para las probetas de ensayos a la tensión paralela a las fibras, primeramente se marcaron y cortaron secciones del culmo de 50 cm (20 en los extremos para agarre de

las mordazas y 10 cm centrales que corresponden a la porción del ensayo), se empleó una sierra de banco para hacer el corte longitudinal, después se procedió al corte a detalle empleando el dremel 4200, y finalmente para perfeccionar las caras de la probeta se lijaron empleando una lijadora de banco (Figura 34).

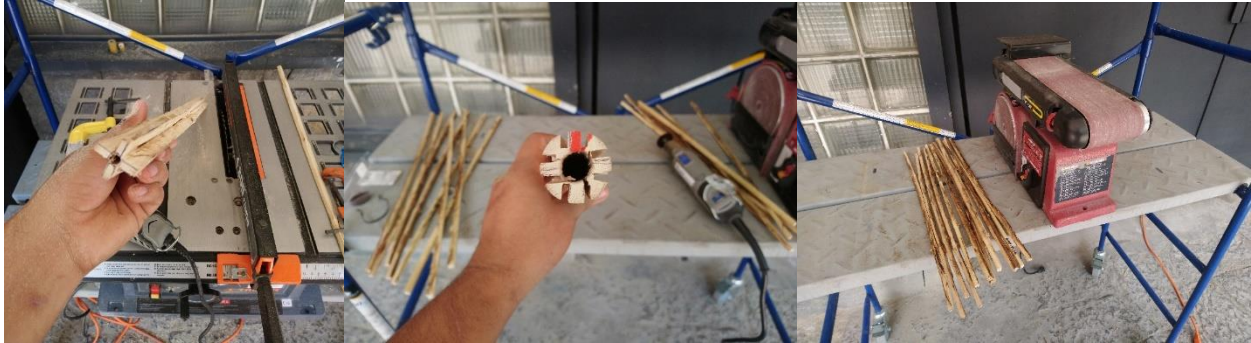


Figura 34. Proceso de corte de las probetas a Tensión paralela a la fibra mediante el empleo de la sierra de banco para el corte longitudinal y el uso del dremel para cortes finos y obtener las reglillas longitudinales, mediante la lija de banco se procedió a perfeccionar las caras de cada probeta.

Finalmente, las probetas para determinar el contenido de humedad y densidad, se tomaron porciones de cada uno de los ensayos mecánicos; estas porciones corresponden a unas dimensiones de 2.5 cm longitudinal, la distancia a un cuarto de su circunferencia más su espesor de la pared, esto para probetas de compresión y flexión; en el caso de las probetas a tensión se tomó la dimensión correspondiente a la sección transversal y una longitud de 2.5 cm (Figura 35).



Figura 35. Procedimiento de determinación de peso húmedo y volumen verde de las probetas después de los ensayos mecánicos. a) Peso verde secciones de probetas; b) Determinación del volumen de los especímenes.

6.6.4 Introducción a los ensayos

Los ejemplares se transportaron a las instalaciones del Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales (LMSE) de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Donde se llevó a cabo la determinación de las propiedades físicas (densidad básica y contenido de humedad) y mecánicas (compresión, flexión y tensión paralela a la fibra) de las probetas, todos los ensayos se realizaron siguiendo la metodología planteada por la norma técnica colombiana NTC-5525:2007 “Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth” y las normas ISO: 22157-1: 2004 e ISO TR 22157-2: 2004. En el caso de caso de la prueba mecánica a flexión se ajustó a los requerimientos para un ensayo a tres puntos.

Para el ensayo mecánico a compresión se empleó máquina de prueba a compresión INSTROM® modelo 400RD-E1-H2 Cap. 80 ton., equipada con un software para la obtención de resultados y graficas de esfuerzo-deformación. Para las de flexión y tensión se empleó una máquina de pruebas universales INSTRON® modelo 400HVLB14362-G2A-C3-D28 Cap. 200 ton., con un sistema de adquisición de datos para la obtención de gráficas (Figura 36), se agregan certificados de calibración de las máquinas (Figura 37).



Figura 36. Equipos del Laboratorio de Materiales y Sistemas estructurales de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. a) Equipo con el Software incorporado, c) Máquina de prueba a compresión INSTROM modelo 400RD-E1-H2 20 ton, d) Máquina de pruebas Universales INSTRON modelo 400HVLB14362-G2A-C3-D28 Cap. 200 ton.



Figura 37. Calibración de las Máquinas. a) Calibración Máquina de prueba a compresión INSTRON modelo 400RD-E1-H2 80 Ton; b) Calibración Máquina de pruebas Universales INSTRON modelo 400HVLB14362-G2A-C3-D28 Cap. 200 Ton.

En total se realizaron 180 ensayos mecánicos (Compresión, Flexión, Tensión paralela a la fibra), con la misma cantidad se desarrollaron los ensayos físicos de contenido de humedad y densidad básica (Cuadro 6).

Cuadro 6. Número de probetas para cada uno de los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de *Otatea fimbriata*.

Tipo de Prueba	Características de las probetas	No. de probetas a ensayar			Totales
		Parte del culmo			
		I	M	S	
Propiedades físicas					
Humedad	Probetas de otros ensayos	60	60	60	-
Densidad	Probetas de otros ensayos	60	60	60	-
Propiedades Mecánicas					
Compresión paralela a las fibras Con Nudo	Longitud igual a dos veces su diámetro, tomadas de la parte Inferior, Media y Superior	12	12	12	36
Compresión paralela a las fibras Sin Nudo	Longitud libre de 30 x D más longitud adicional de apoyos que termine en nudo	12	12	12	36
Tensión Paralela a las fibras Con Nudo	Sección transversal longitudinal en la dirección radial; tomadas de la parte Inferior, Media y Superior	12	12	12	36
Tensión Paralela a las fibras Sin Nudo		12	12	12	36
				Total	180

6.6.5 Ensayos para determinar las propiedades físicas

6.6.5.1 Contenido de Humedad

Para determinar el contenido de humedad de las probetas ensayadas se siguieron los lineamientos establecidos en la NTC-5525:2007, basada en el principio del cálculo de la pérdida de masa como un porcentaje de la masa de la probeta después del secado. Castrillón y Malaver (2004) indican que está es una de las propiedades índices más significativas, que se emplea para establecer una correlación entre el comportamiento de la guadua (bambú) y sus propiedades mecánicas.

Procedimiento

- Se obtienen los especímenes lo más cerca posible a la falla, después de cada ensayo mecánico (Compresión, Flexión y Tensión), procurando obtener una forma prismática de aproximadamente 25 mm de ancho, 25 mm de alto y espesor igual al espesor de pared en los ensayos de compresión y flexión. Las probetas obtenidas de los ensayos a tensión se tomaron porciones iguales a su sección transversal y una longitud de 2.5 cm.
- Una vez cortadas las probetas se guardan en bolsas herméticas ziploc para evitar la pérdida y ganancia de humedad.
- Se pesan cada una de las probetas empleando la balanza analítica ENTRIS822-1S con exactitud de 0.01 g, para obtener la masa antes del secado (Figura 38).
- Se Ingresan los especímenes al horno de secado a una temperatura constante de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante un periodo inicial de 24 horas (Figura 39).
- Luego de las 24 h, la probeta se retira del horno y se deposita en el recipiente desecador para evitar la ganancia de humedad, posteriormente se registra la masa con exactitud de 0,01 g y se ingresa nuevamente al horno a la misma temperatura.
- A partir de este momento, se registró la masa a intervalos regulares cada 2 h y se repite del proceso de medición de masa, hasta obtener una diferencia entre dos medidas consecutivas que no exceda 0,01 g y así se considera la probeta en estado anhidro.



Figura 38. Procedimiento de determinación de peso húmedo de las probetas después de los ensayos mecánicos.

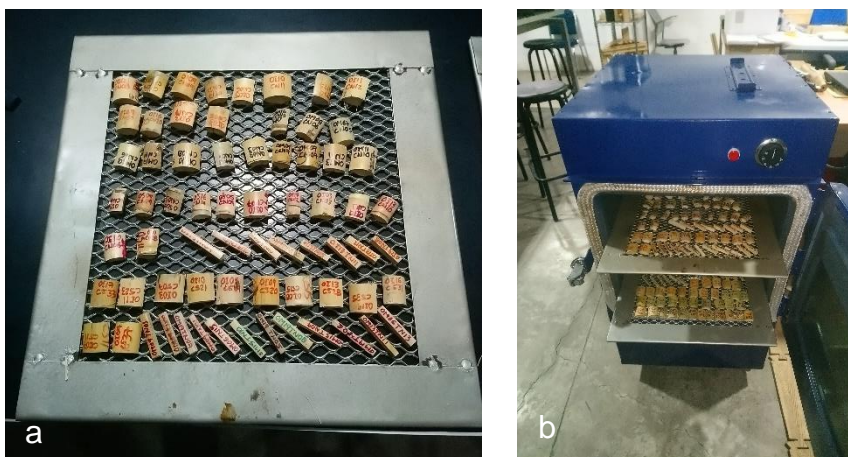


Figura 39. Proceso de secado de las probetas empleando el horno eléctrico. a) Colocación de las probetas en las bandejas del horno; b) Colocación de las bandejas con las probetas en el horno a una temperatura de 103 °C.

- El contenido de humedad de cada probeta se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula, representando la pérdida de masa, expresada como porcentaje de la masa seca en horno.

$$CH = \frac{m - m_o}{m_o} \times 100$$

En donde:

CH = Contenido de Humedad (%).

m = Masa de la probeta antes del secado (g).

m_o = Masa de la probeta después del secado (g).

- El CH obtenido se tomó como representativo de la probeta ensayada como un todo, la media aritmética de los resultados obtenidos a partir de probetas individuales se registró como el valor promedio de las probetas ensayadas.
- Se tuvo mucho cuidado de evitar todo cambio en el CH durante el periodo entre el retiro del horno y las determinaciones posteriores de la masa.

6.6.5.2 Densidad Básica

La Densidad básica es una propiedad física de los materiales que indican la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de un objeto. En el bambú se puede observar claramente en su composición, que según Londoño (2002) la forma, tamaño, número y concentración de haces vasculares varía desde la corteza hacia la parte interior del culmo y desde la porción inferior hacia la superior; cerca de la corteza los haces vasculares son pequeños, numerosos y concentrados a diferencia de la parte interior donde son más grandes y distribuidos (Figura 40). En todos los bambúes, los haces vasculares decrecen en tamaño desde la base hacia el ápice y su densidad se incrementa en este mismo sentido.

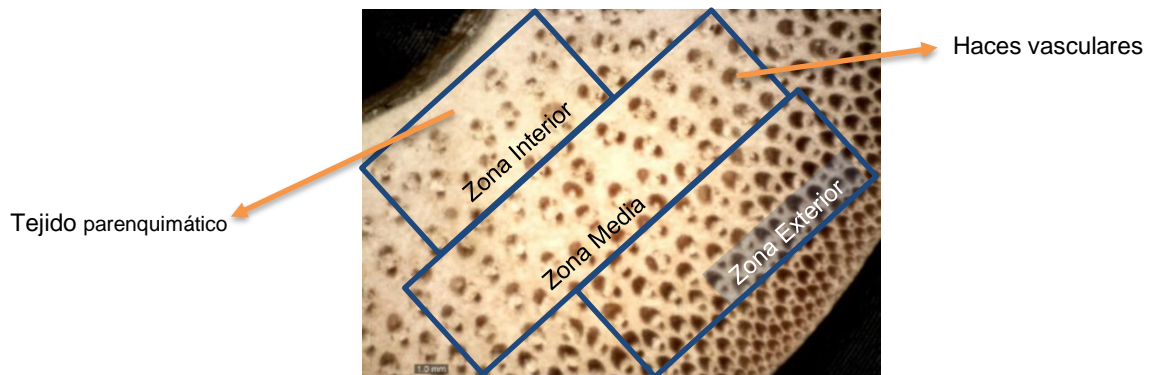


Figura 40. Microscopia Electrónica de sección transversal del culmo de *Otatea fimbriata* Soderstrom.

Procedimiento

- Se obtienen los especímenes lo más cerca posible a la falla, después de cada ensayo mecánico (Compresión, Flexión y Tensión), procurando obtener una forma prismática de aproximadamente 25 mm de ancho, 25 mm de alto y espesor igual al espesor de pared en los ensayos de compresión y flexión. Las

probetas obtenidas de los ensayos a tensión se tomaron porciones iguales a su sección transversal y una longitud de 2.5 cm.

- Una vez cortadas las probetas se guardan en bolsas herméticas ziploc para evitar la pérdida y ganancia de humedad.
- Para medir el volumen de cada pieza se empleó una probeta PYMEX® 250 ml y se sumergió cada uno de los especímenes midiendo el desplazamiento su agua, obteniendo de esta manera el volumen que corresponde a la probeta en ml (Figura 41).
- Se ingresaron las probetas al horno de secado a una temperatura constante de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante un periodo inicial de 24 horas.
- Luego de las 24 h, las probetas se retiraron del horno y se depositaron en el recipiente desecador para evitar la ganancia de humedad, posteriormente se registró la masa con exactitud de 0,01 g y se ingresó nuevamente al horno a la misma temperatura.
- A partir de este momento, cada dos horas se repitió el proceso de medición de masa, hasta obtener una diferencia entre dos medidas consecutivas que no exceda 0,01 g y así se considera la probeta en estado anhidro.

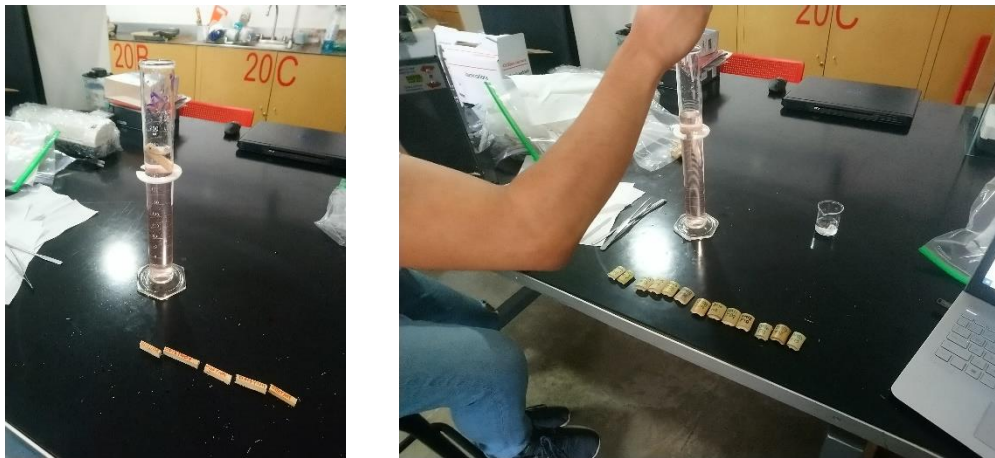


Figura 41. Procedimiento de determinación del volumen de las probetas mediante el método de inmersión.

- La densidad básica (masa, seca en horno, por unidad de volumen) de cada probeta se determinó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m_o}{V} \times 10^3$$

En donde:

ρ = Densidad, en kg / m³.

m_o = Masa de la probeta seca en horno, en g.

V = Volumen húmedo (verde) de la probeta, en ml.

- La densidad obtenida se tomó como representativo de la probeta ensayada como un todo, la media aritmética de los resultados obtenidos a partir de probetas individuales se registra como el valor promedio del contenido de humedad de las probetas ensayadas.

6.6.6 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas

6.6.6.1 Ensayo de compresión paralela a las fibras

- Los especímenes de este ensayo se obtuvieron de secciones del culmo de la parte inferior, media y superior. Las dimensiones de la probeta se tomaron en relación con su diámetro (Figura 42); en porciones con nudo y sin nudo (Figura 43). En total se ensayaron 36 probetas con nudo y sin nudo para determinar el comportamiento de estas variables en la especie.

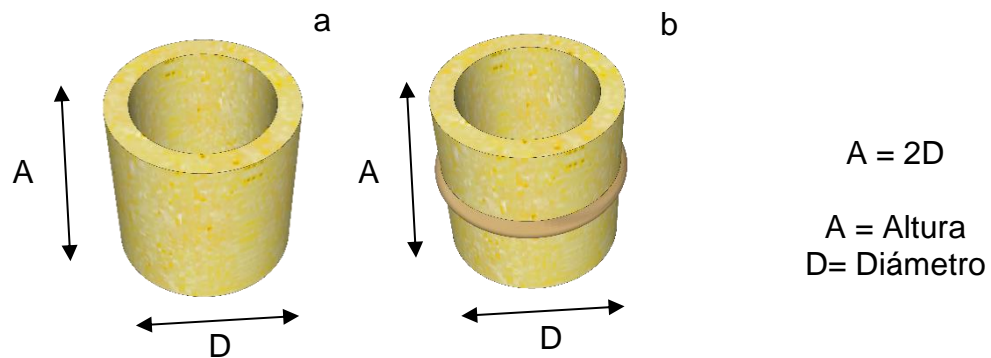


Figura 42. Dimensiones de la probeta en ensayos a compresión. a) Con nudo b) Sin nudo.

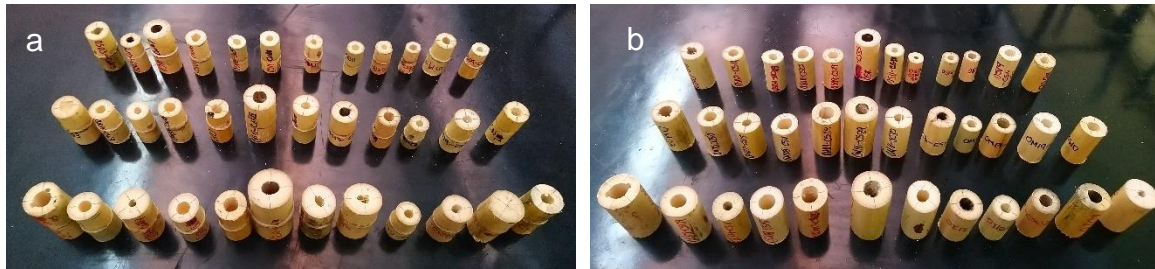


Figura 43. Probetas para ensayos a compresión a) con nudo b) sin nudo.

Procedimiento

- Se tomaron las dimensiones de las probetas, donde se midieron los diámetros exteriores de sus extremos, los espesores de pared en cuatro puntos sobre ejes ortogonales de la sección, obteniendo los promedios en ambos casos para obtener el área de la sección transversal, idealizándola como una corona circular (Figura 44).



Figura 44. Proceso de medición de las probetas a compresión paralela a la fibra.

- Se cargaron los datos en el Software; los datos correspondientes a las dimensiones de la probeta y nomenclatura de cada una de las probetas conforme se van ensayando.
- Se colocó la probeta en la cabina que corresponde a la máquina para pruebas de compresión, procurando que el cabezal móvil esté verticalmente sobre el centro de

la sección transversal de la probeta y se aplicó una carga constante a una velocidad de 0.5 mm/s, garantizando la distribución uniforme de la carga (Figura 45).

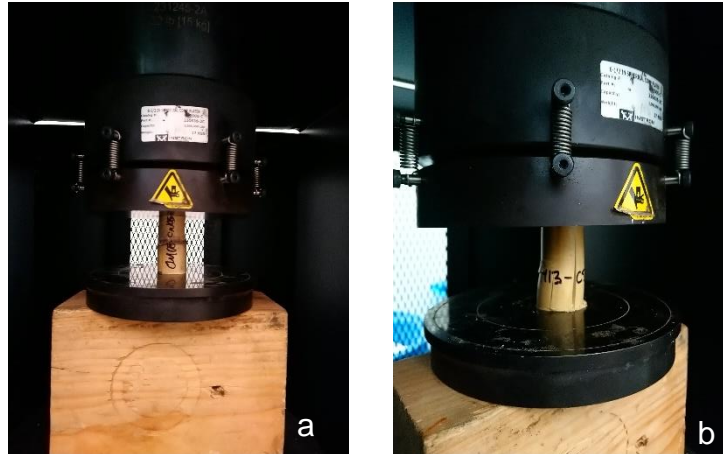


Figura 45. Montaje de las probetas en la máquina de ensayos a compresión. a) Colocación de la probeta; b) Falla en probeta a compresión.

- Se tomó lectura de la lectura final de la carga máxima a la cual falla; así como las gráficas de esfuerzo-deformación de cada espécimen.
- El esfuerzo último a compresión se determinó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F_{ult} / A$$

En donde:

σ_{ult} = Esfuerzo último de compresión, en MPa (o N/mm²).

F_{ult} = Carga máxima a la cual falla la probeta, en N.

A = Área de la sección transversal, en mm².

6.6.6.2 Ensayo de flexión paralela a las fibras

Para este ensayo las probetas se ajustaron a los requerimientos de la máquina y a los parámetros de una prueba a 3 puntos (Figura 46), teniendo una longitud entre apoyos de 500 mm. Cada espécimen tiene una longitud promedio de 700 mm, se obtuvieron de la parte inferior, media y superior de cada culmo.

Para cada uno de los elementos a ensayar se obtuvo su diámetro promedio; mediante lecturas de su diámetro en tres secciones en su longitud y lecturas de los espesores de pared en cuatro puntos sobre ejes ortogonales de la sección.



Figura 46. Probetas empleadas para el ensayo a flexión paralela a la fibra.

Procedimiento

- Se colocó el culmo en su lugar en la máquina de ensayo, apoyado sobre los dos soportes en los dos apoyos, permitiendo que la probeta encuentre su propia posición.
- El montaje de la prueba se ilustra en la figura 47 y 48, la carga se aplicó a la mitad del claro ($L/2$), a una velocidad constante hasta la falla del espécimen.

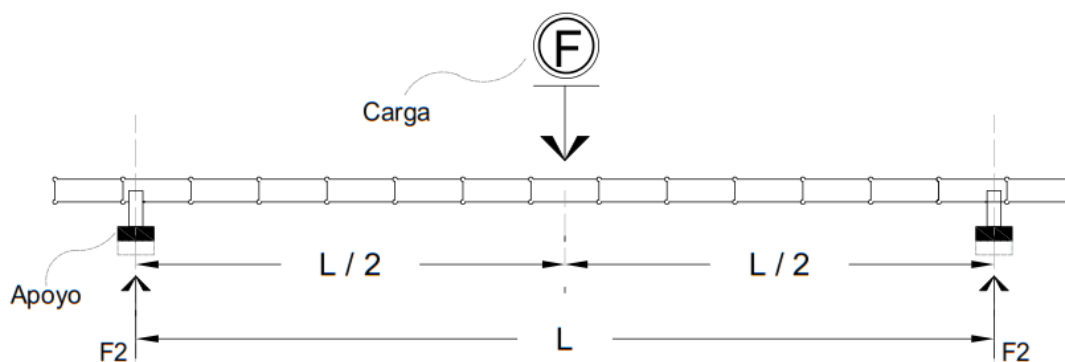


Figura 47. Esquema de las pruebas de flexión estática con bambú.

- La carga se aplicó de forma continua durante la prueba para hacer que el cabezal móvil de la máquina de prueba se desplace a una velocidad constante de 0.5 mm/s. Se Observaron las grietas y su ubicación.
- Después del ensayo se determinó nuevamente el diámetro externo D y el espesor de la pared t , lo más cerca posible de los puntos de carga. El promedio de los valores de diámetro y de los espesores de pared usaron para calcular el momento de inercia I .
- Se determine el contenido de humedad utilizando una probeta proveniente de un punto cercano a la falla.

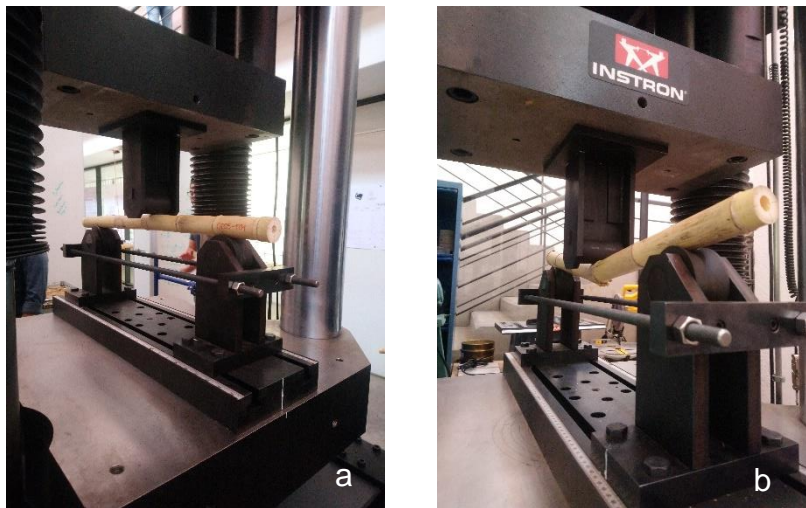


Figura 48. Proceso de ensayo a flexión a tres puntos. a) Montaje de la probeta en la máquina, garantizando la longitud efectiva entre soportes de 500 mm; b) Deflexión en la probeta producto de la carga puntual.

- Se registró la carga máxima aplicada a la falla ($F_{m\acute{a}x}$), para calcular su resistencia última a la flexión (σ_{ult}) mediante la fórmula que se presenta a continuación, se obtuvo de igual manera la gráfica de carga-deflexión (F - δ). Con los promedios de diámetros y espesores de pared de la sección transversal del culmo se obtuvo el momento de inercia (I).

$$\sigma_{ult} = \frac{M c}{I}$$

En donde:

M = Momento máximo flector.

c = Distancia perpendicular al eje neutro.

F = Carga máxima aplicada, en N.

$$M = \frac{FL}{4} \quad c = \frac{D}{2}$$

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - (D - 2t)^4)$$

L = Luz, en mm (separación entre soportes).

D = Diámetro externo, en mm.

t = Espesor de Pared, en mm.

I = Momento de inercia, en mm⁴.

6.6.6.3 Ensayo de Tensión paralela a las fibras

Los especímenes para este ensayo se tomaron de la sección transversal longitudinal en la dirección radial del culmo; cuyas dimensiones son iguales al espesor de la pared y de 10 mm a 20 mm en la dirección tangencial; La longitud efectiva de la porción de ensayo es de 100 mm localizado en la parte central de la probeta, y los extremos tienen una longitud de 200 mm que comprenden a la longitud de agarre de las mordazas (Figura 49).

Los ensayos se llevaron a cabo en probetas con nudo y sin nudo, que debe estar en la porción de ensayo, identificándolas de la parte I, M y S respectivamente. Los extremos de las probetas deben tener una forma tal que garantice que la falla se produce en la porción de ensayo y que minimice la concentración del esfuerzo en el área de transición.

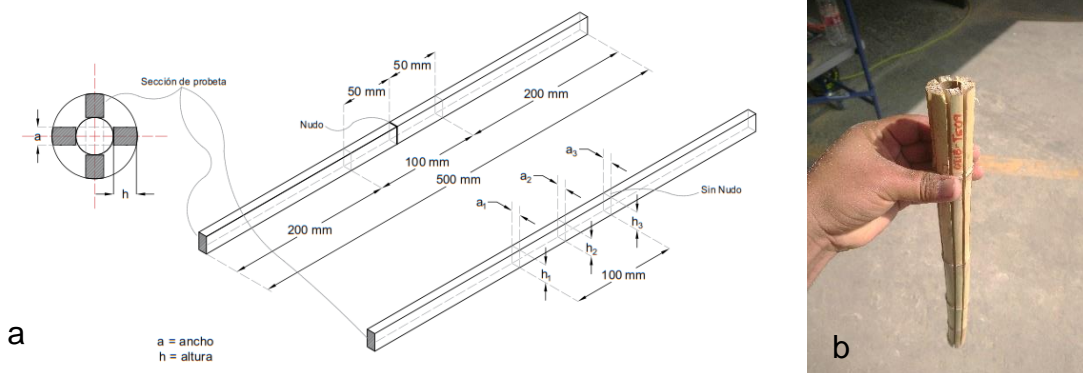


Figura 49. Probeta para ensayo a tensión. a) Geometría de los especímenes con nudo y sin nudo, b) Sección longitudinal.

Procedimiento

- Se tomaron 3 lecturas de ancho y 3 de largo en 3 partes a lo largo de la longitud de la probeta empleando un vernier Mitutoyo, obteniendo su promedio en cada caso y así determinar el área de la sección transversal (A).
- Se aseguró que la porción del ensayo se garantizara y que los sujetadores (mordazas) de la máquina de ensayo tomaran la parte específica de 200 mm (Figura 50a).
- Se aplicó una carga constante hasta la falla de la probeta y se registraron los datos, así como registro de la falla (Figura 50b).

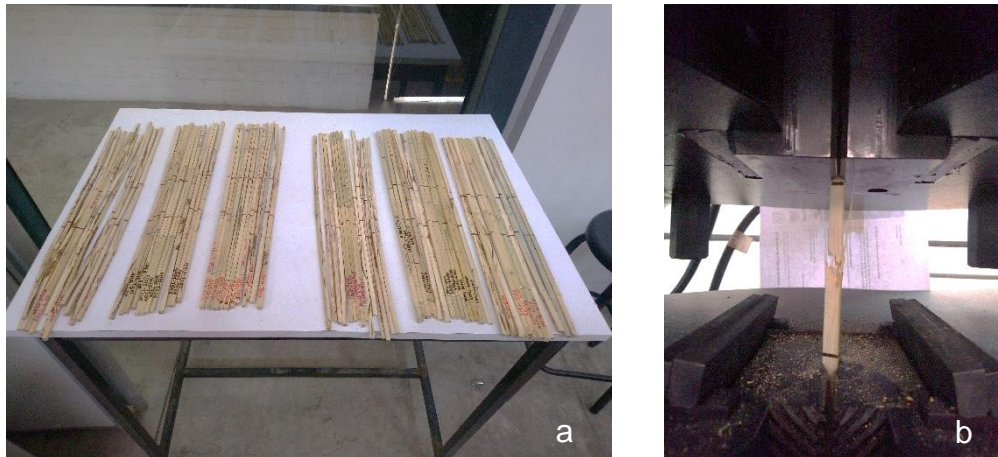


Figura 50. Proceso de evaluación de la resistencia máxima a tensión paralela a la fibra de *Otatea fimbriata*. a) Probetas de la sección inferior, media y superior en especímenes con nudo y sin nudo. b) Principal falla en el nudo encontrado en las probetas.

- Se registró el valor de la carga máxima aplicada a la falla de la probeta (F_{ult}) y la gráfica de carga-deformación. Se calculó el esfuerzo último de tensión (σ_{ult}) mediante la fórmula siguiente:

$$\sigma_{ult} = F_{ult} / A$$

En donde:

σ_{ult} = Esfuerzo último de tensión, en MPa (o N/mm²).

F_{ult} = Carga máxima a la cual falla la probeta, en N.

A = Área de la sección transversal, en mm².

6.7 Análisis y evaluación de resultados

6.7.1 Conocimientos Ecológicos Tradicionales

Para el análisis de la información obtenida a partir de las entrevistas semiestructuradas, es necesario aclarar que, en el proceso de teorización, el entrevistador "percibe, contrasta, compara, agrega y ordena categorías y sus propiedades, establece nexos, enlaces o relaciones y especula". Al reflexionar en los contenidos de las entrevistas a través de la triangulación (integración de elementos teóricos, documentos y testimonios), se logrará concluir apropiadamente el proceso de interpretación que se inició, en el mismo momento de comenzar la recolección de datos (Díaz *et al.* 2013).

En el complejo proceso de interpretación, se realizó la categorización, análisis y visualización mediante graficas de la información para obtener los conocimientos tradicionales de los ejidatarios sobre las especies nativas de bambú en la zona, esto haciendo uso del programa Excel.

6.7.2 Propiedades Físico-Mecánicas

Para cada uno de los ensayos correspondientes se realizó un análisis estadístico, en donde el número de datos corresponde a los usados luego de excluir los atípicos (outliers) utilizando el criterio de Chauvenet, que consiste en tomar cada uno de los datos (X_i), restarle la media de la muestra (\bar{x}), y dividir el resultado con su desviación estándar (s) como se muestra en la ecuación 1. Posteriormente se comparan los resultados si existe algún valor superior a los estipulados en los coeficientes de Chauvenet dependiendo de la cantidad de datos (Cuadro 7). Para cada caso se indican cuáles son elementos para descartar cuando el T calculado es superior al T tabulado.

$$T = \frac{X_i - \bar{x}}{s}$$

Cuadro 7. Coeficientes de Chauvenet

n	kn	n	kn	n	kn
3	1.38	10	1.96	25	2.33
4	1.54	11	1.99	30	2.39
5	1.65	12	2.03	40	2.50
6	1.73	13	2.06	50	2.58
7	1.80	14	2.10	100	2.81
8	1.85	15	2.13	500	3.29
9	1.91	20	2.24	1000	3.48

Fuente: Autor

Por cada una de las variables evaluadas se determinaron estadísticos descriptivos en general (Maya Echeverry *et al.*, 2017), obteniendo las gráficas de Dispersión, boxplot y QQplot, de igual forma para saber el grado de dispersión se presenta los valores de desviación estándar (S), tal como indica Zaragoza *et al.* (2015). Luego se realizaron pruebas de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors, para ratificar si los datos tienen una distribución normal. Se desarrolla el análisis de varianzas para determinar si existen diferencias entre los datos mediante la prueba Anova, así como comprobar la homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas) mediante a prueba de Bartlett, una vez confirmado; Las comparaciones múltiples de medias se realizaron mediante pruebas Duncan con un nivel de significancia de 5% para los resultados de los ensayos. Todos los análisis fueron realizados empleando el Software R 3.3.2 (R Core Team, 2018).

VII. RESULTADOS

7.1 Especies de bambú nativas

En la zona se encuentran especies nativas que están correctamente adaptadas a las condiciones naturales del entorno naciendo de forma silvestre en diferentes sectores del municipio.

Se identificaron dos especies nativas el **Guich** (*Otatea fimbriata* Soderstrom) (Figura 51) y el **Otate** (*Guadua amplexifolia*) (Figura 52). Dos bambús leñosos con altas potencialidades de ser empleados por los habitantes y con un alto impacto medioambiental por sus propias características vegetativas. Además, se encontró una especie perteneciente a la familia de las Poacea que no es propiamente un bambú y se le conoce con el nombre de Pituti (*Laciasis acabrior* Hitchc) (Figura 53).

Siendo la de mayor relevancia la especie nativa conocida como Guich por su mayor distribución siendo encontrada en la zona que comprende al Ejido de Diana Laura, de la Localidad de la Ciénega.



Figura 51. Ejemplar de Guich (*Otatea fimbriata*), colectado en el ejido de la Localidad de la Ciénega, Suchiapa. A) Ejemplar herborizado, B) ejemplar *in situ*.



Figura 52. A) Bambú nativo de Chiapas conocido como Otate (*Guadua amplexifolia*). B) Su forma de crecimiento formando manchones encontrado en el arroyo de Nandayalu, Suchiapa.

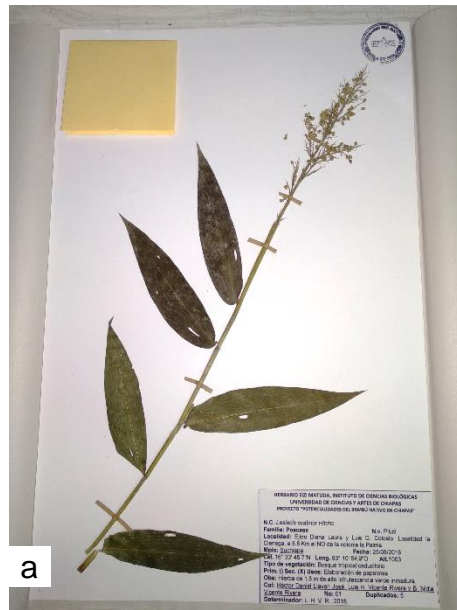


Figura 53. Colecta perteneciente a la especie conocida como Pituti (*Laciasis acabrior* Hitchc). A) Ejemplar herborizado, B) Fotografía de sus frutos carnosos en forma esférica del Pituti.

7.2 Usos del Bambú nativo

Dentro de las 28 entrevistas realizadas a ejidatarios de la zona que comprende a la Ciénega, se observa claramente que el conocimiento sobre la planta va estrechamente relacionado a las edades de los entrevistados y tienen más conocimiento las personas de mayor edad sobre el crecimiento, corte, aprovechamiento y diferentes formas de empleo que presentan sobre las especies nativas de bambú (Figura 54).

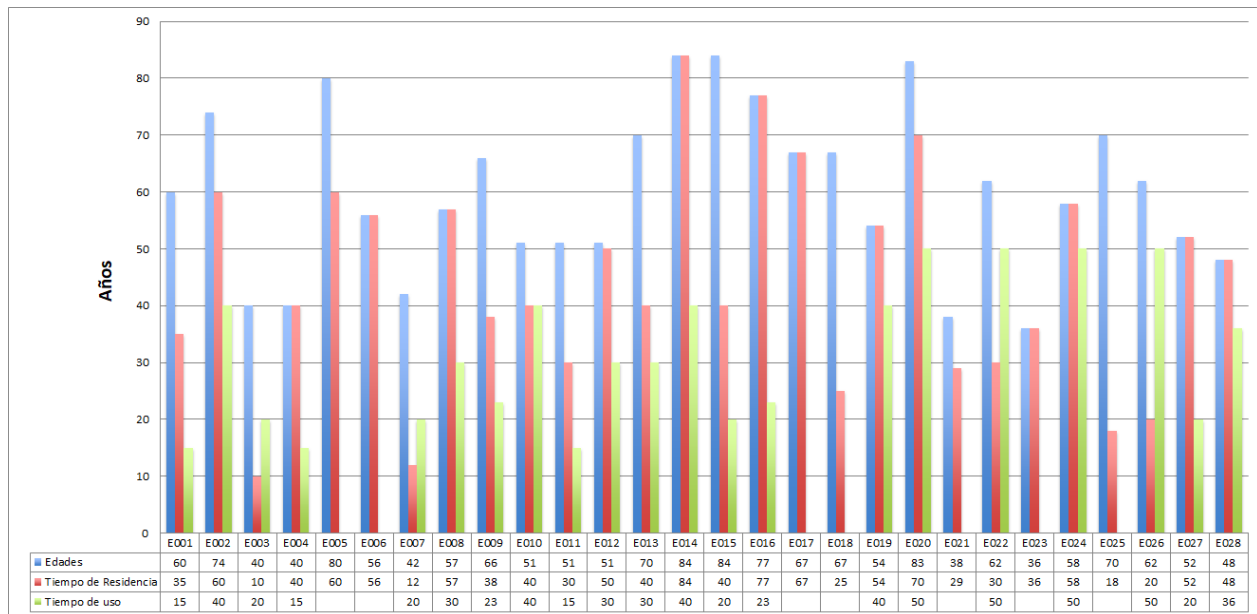


Figura 54. Relación de las Edades de los ejidatarios con su tiempo de usos de las especies de bambú en la zona.

Se encontró además que el 100 por ciento de los entrevistados manifiestan que conocen por lo menos algún uso de las especies nativas en la zona y dentro de los mismos un 64% (18 ejidatarios) indica conocer los tipos de bambúes de la zona y un 36% (10 ejidatarios) no tienen conocimiento (Figura 55). Sin embargo, a pesar del resultado anterior, se encontró que la mayoría tenían conocimientos de las especies, pero los identificaban con algún nombre local distinto al de “bambú”, siendo las especies mencionadas; el Guich, el Oate, la Jimba, la Caña botón, el Guichillo y el Pituti (Figura 567).

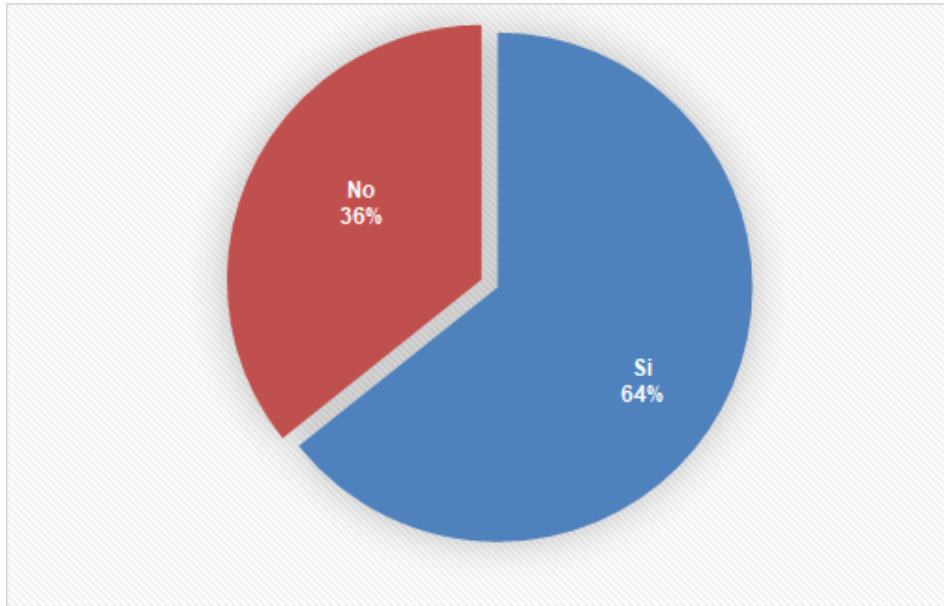


Figura 55. Conocimiento de las especies de bambú presentes en la zona.

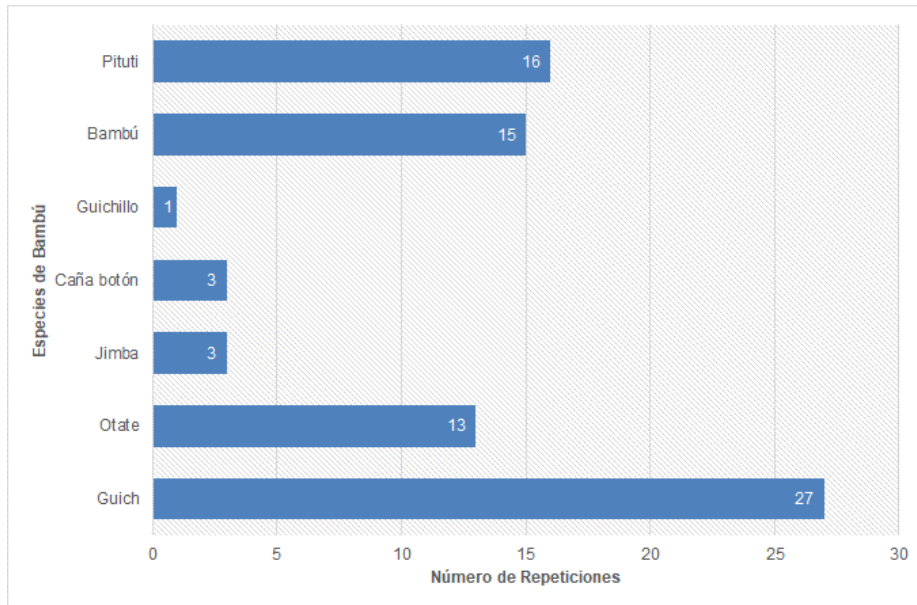


Figura 56. Especies que los ejidatarios mencionan que se encuentran en la zona.

Dentro de las especies mencionadas, la de mayor relevancia fue la denominada Guich (*Otatea fimbriata*) la cual resulta de mayor importancia en la zona siendo la más abundante en su forma silvestre. Dentro del área se encontraron y registraron un total de siete categorías de usos para los bambúes nativos, las cuales se mencionan a continuación: Construcción de viviendas, Forraje, Religioso, Artesanal, Utensilios domésticos, Construcción rústica, Herramientas agrícolas (Figura 57).

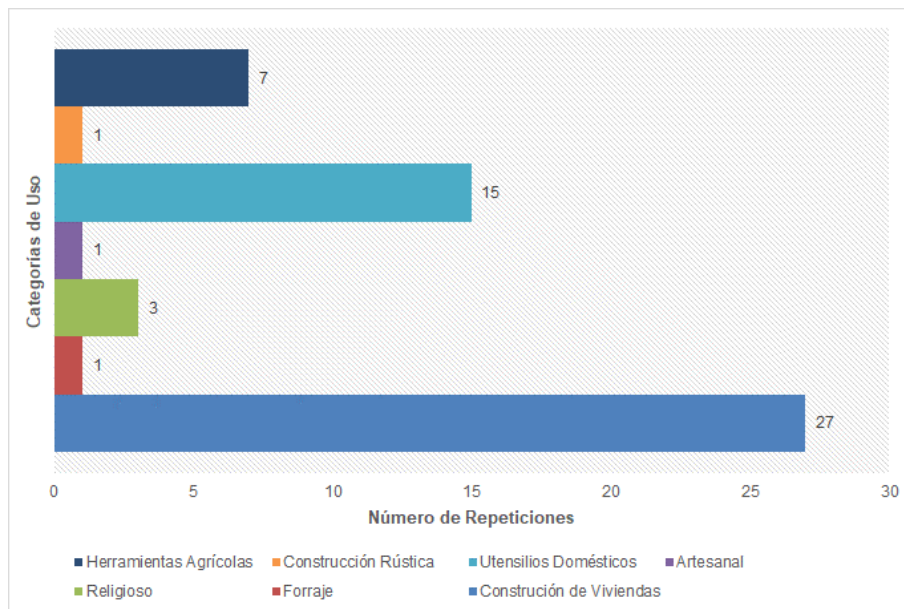


Figura 57. Usos de las especies nativas de la zona.

El Guich (*Otatea fimbriata*), es empleado en diferentes ámbitos como lo son: la construcción de viviendas en las paredes en forma de seto (entramado formado para la pared de bajareque), así como en los techos para sostener las tejas. De igual forma es utilizado como utensilio doméstico en elementos como el mango de las escobas de palma muy representativas de Suchiapa, así como herramientas agrícolas como los cabos de coas y barretas. Finalmente, se encontró que también fueron utilizados como alimento para el ganado (forraje) por sus altos nutrientes, y como un elemento en enrames de distintas ceremonias de uso religioso (Figura 58).



Figura 58. Diferentes formas de empleo del Guich (*Otatea fimbriata*), como en a) Herramientas agrícolas en las coas y b) utensilios domésticos en los palos de escoba de palma. Resaltando además su uso en la construcción de casas esto en el sistema bajareque. En c) Paredes, d) Cubiertas para sostener las tejas.

Cabe mencionar que los ejidatarios dan a conocer mediante su testimonio, un evento representativo que marcó la población de Guich, en el municipio un 79% de los ejidatarios (n=13) han observado un evento natural que marca en repetidas ocasiones al Guichal (siendo un conocimiento heredado de generación en generación), comentando que se acaba y se pudre hasta la raíz cuándo el Guich florea, lo cual

evidencia la característica vegetativa conocida como monocarpismo presente en los bambúes. Además, un 14 % de los ejidatarios (n=4) señalan que lo que ha afectado a la población de bambú es producto de una alguna actividad antropogénica (Incendios y la actividad ganadera) y finalmente un 7% de los ejidatarios (n=2) no señalo alguna actividad representativa que impacté sobre esta especie nativa (Figura 59).

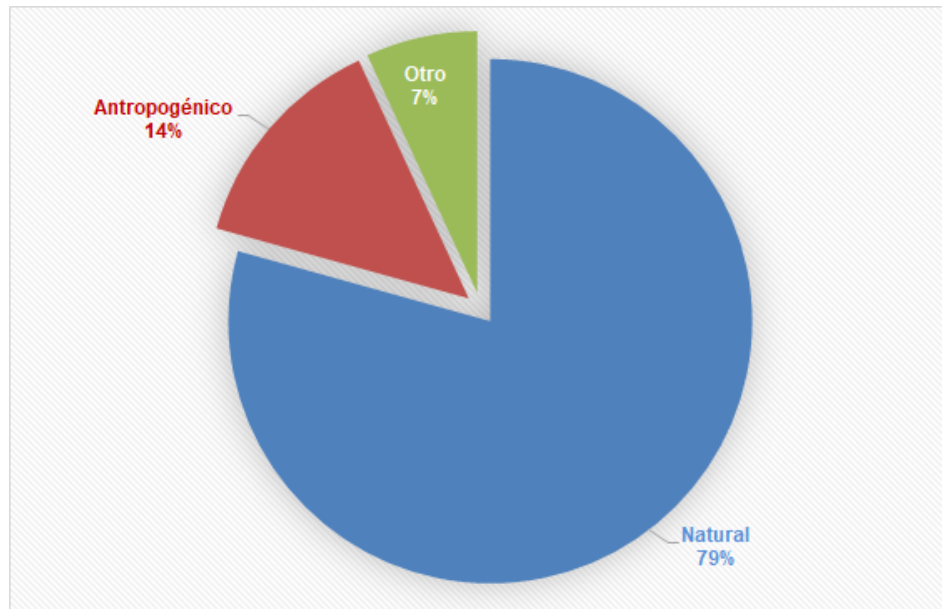


Figura 59. Principales eventos que han afectado y afectan a las poblaciones de *Otatea fimbriata* (Guich) a través de los años.

7.3 Propiedades físicas y mecánicas de *Otatea fimbriata* Soderstrom

7.3.1 Propiedades Físicas

7.3.1.1 Densidad Básica

La especie de bambú nativo (*Otatea fimbriata*) presentó una densidad básica (Db) incrementándose conforme a su altura de 762.96 kg/m³ (I) a 905.99 kg/m³ (S), resultando el valor promedio de 851.85 kg/m³ (Cuadro 3).

Cuadro 8. Densidad básica (Kg/M³) de *Otatea fimbriata*, por sección del culmo.

Estadístico	Sección del Culmo		
	Inferior	Media	Superior
Media	762.96	886.59	905.99
Desviación Estándar	179.52	294.07	213.35
Coefficiente de Variación	23.53	33.17	23.55

7.3.1.2 Contenido de Humedad

Los valores de contenido de humedad se presentan en las tablas de propiedades mecánicas, los valores resultantes oscilan entre un 10 y 11% durante los ensayos, considerándose secas por tener un porcentaje menor al 30%.

7.3.2 Propiedades Mecánicas

7.3.2.1 Resistencia a la Compresión Paralela a la Fibra

Los valores de Esfuerzo máximo a la compresión paralela a la fibra se presentan en el Cuadro 9, observándose pequeñas diferencias entre las secciones del culmo con nudo y sin nudo (Figura 60), el valor promedio resultante es de 44.71 MPa con nudo y 45.85 MPa en porciones sin nudo.

Cuadro 9. Esfuerzo Máximo (σ_{ult} , MPa), en Compresión Paralela a la fibra, en condición seca con nudo y sin nudo de *O. fimbriata* de Suchiapa, Chiapas, México.

Estadístico	Sección del Culmo					
	Inferior		Media		Superior	
	Con Nudo	Sin Nudo	Con Nudo	Sin Nudo	Con Nudo	Sin Nudo
Media	40.42 ^b	42.48 ^b	46.25 ^{ab}	49.60 ^a	47.45 ^{ab}	45.47 ^{ab}
Desviación Estándar	9.64	10.04	3.78	5.96	10.01	6.74
Coefficiente de Variación %	23.86	23.63	8.17	12.02	21.10	14.82
Contenido de Humedad %	9.84	8.76	9.13	9.01	10.11	8.11
Densidad básica	783.14	617.75	1,119.79	880.75	824.38	1,177.73

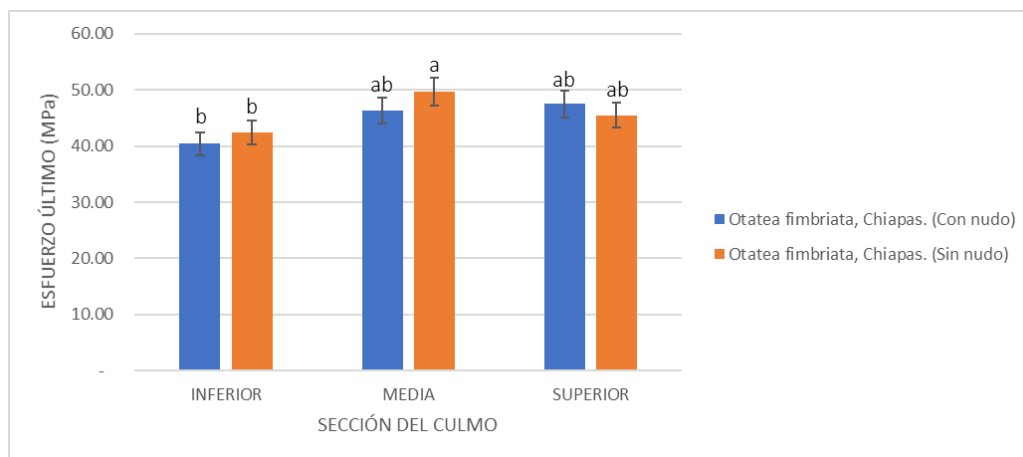


Figura 60. Comparación de la resistencia máxima (σ_{ult} , MPa), promedio por sección de los culmos en compresión paralela la fibra de *Otatea fimbriata*. Las líneas verticales sobre las barras representan error estándar de la media y las letras distintas sobre las barras son diferencias significativas ($p < 0.05$).

7.3.2.2 Resistencia a la Flexión Paralela a la Fibra

La Resistencia última (σ_{ult}) a la flexión paralela a la fibra presenta un incremento de la parte inferior a la media, disminuyendo en la parte superior, yendo de 61.52 MPa a 48.34 MPa respectivamente (Cuadro 10 y Figura 61). De igual forma se presentan diferencias significativas ($p < 0.5$) entre la parte superior del culmo con la parte media e inferior.

Cuadro 10. Resistencia última (σ_{ult} , MPa), en Flexión Paralela a la fibra, en condición seca de *O. fimbriata* de Suchiapa, Chiapas, México.

Estadístico	Sección del Culmo		
	Inferior	Media	Superior
Media	61.52 ^a	69.04 ^a	48.34 ^b
Desviación Estándar	11.09	14.02	9.89
Coficiente de Variación %	18.02	20.31	20.45
Contenido de Humedad %	11.65	12.06	10.84
Densidad básica	871.06	838.96	942.08

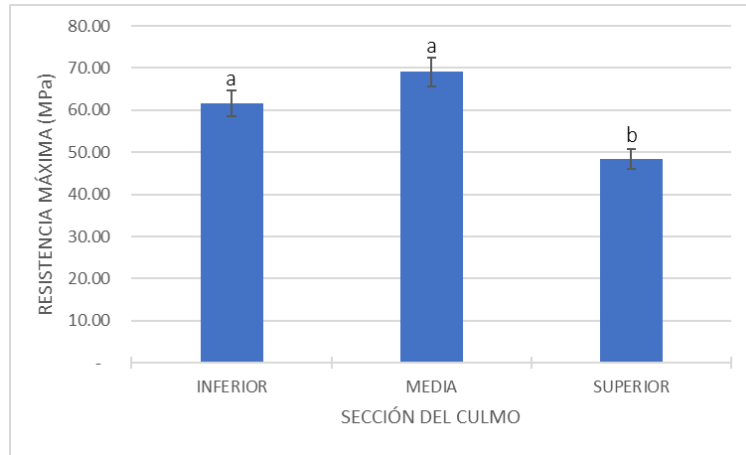


Figura 61. Comparación de la resistencia última (σ_{ult} , Mpa), promedio por sección de los culmos en flexión paralela la fibra de *Otatea fimbriata*. Las líneas verticales sobre las barras representan error estándar de la media y las letras distintas sobre las barras son diferencias significativas ($p < 0.05$).

7.3.2.3 Resistencia a la Tensión Paralela a la Fibra

Los valores de Tensión paralela a la fibra para *Otatea fimbriata*, dentro de los valores no se encuentran diferencias significativas entre los valores, encontrándose para los especímenes sin nudo valores que van de 110 Mpa (I), 100.63 Mpa (M) y 94.67 Mpa (S); y de 96.15 Mpa (I), 108.02 Mpa (M) y 92.86 Mpa (S) en porciones sin nudo, tal como se aprecia en la Cudaro 11 y la figura 62.

Cuadro 11. Esfuerzo Último (σ_{ult} , MPa), en Tensión Paralela a la fibra, en condición seca con nudo y sin nudo de *O. fimbriata* de Suchiapa, Chiapas, México.

Estadístico	Sección del Culmo					
	Inferior		Media		Superior	
	Con Nudo	Sin Nudo	Con Nudo	Sin Nudo	Con Nudo	Sin Nudo
Media	110.00 ^a	96.15 ^a	100.63 ^a	108.02 ^a	94.67 ^a	92.86 ^a
Desviación Estándar	27.05	23.68	43.00	25.43	19.52	24.69
Coefficiente de Variación %	24.59	24.63	42.73	23.55	20.62	26.59
Contenido de Humedad %	9.07	9.50	9.44	9.41	-	9.96
Densidad básica	741.43	1,178.33	685.42	1,096.36	-	1,150.00

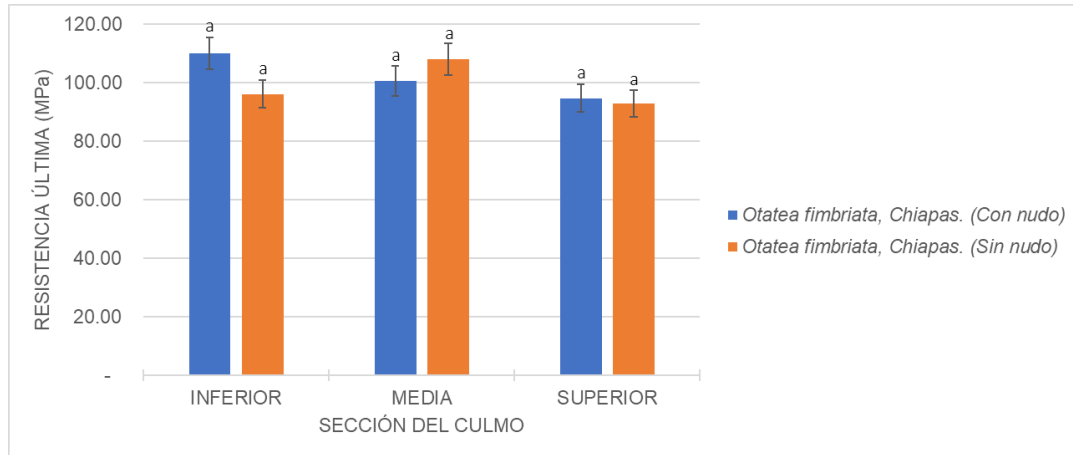


Figura 62. Comparación de del esfuerzo último (σ_{ult} , Mpa), promedio por sección de los culmos en Tensión paralela la fibra, en especímenes con nudo y sin nudo de *Otatea fimbriata*. Las líneas verticales sobre las barras representan error estándar de la media y las letras distintas sobre las barras son diferencias significativas ($p < 0.05$).

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Usos de especies nativas

En el presente estudio se comprobó la importancia etnolingüística de los sitios en los que se desarrollan las investigaciones, pues muchas personas pensaban no tener conocimientos sobre el bambú. Sin embargo, las encuestas demostraron que simplemente no estaban familiarizados con este término, esto debido a que aproximadamente el 75% de las especies nativas de bambú leñosas que forman parte de la flora mexicana tienen uno o más nombres locales (Brugger y Dávila-Moreno, s/f), lo cual debe considerarse al desarrollar este tipo de investigaciones, siendo que principalmente se le atribuye el termino bambú como tal a la especie *Bambusa Vulgaris*, especie introducida al país. Dentro de los nombres a los que se hace referencia las especies de bambúes en la zona sobresalen el otate (*Guadua amplexifolia*) y guich (*Otatea fimbriata*). También se le atribuyen el termino otate a las especies de bambú que en su apariencia física del culmo tiene el color verde (*Bambusa oldhamii*, especie introducida).

En cuanto a los usos, fueron encontrados siete categorías de uso en la localidad, los cuales ya habían sido considerados por Rodríguez *et al.* (2009) dentro de los 66 usos que reporta para los bambúes de México, como: la elaboración de artesanías, cerca viva-sombra para ganado (setos), cestería, construcciones rústicas, forraje, herramienta de trabajo, objetos religiosos, ornato, y utensilios domésticos (mangos de escobas). Estos usos están relacionados con las actividades que se desarrollan en el área, al ser una zona agrícola, ganadera y con amplias tradiciones culturales, donde se usan para hacer los característico enrrames. Ovando y Sánchez (2005), señalan usos relacionados al forraje para el ganado y su empleo en la elaboración de canastas empleando la *Chusquea foliosa* (*Chajique*) y *C. nelsonii* (*Chajiquillo*) en la *Sierra madre de Chiapas*. Como es evidente, en el estado se ve reflejada la gran diversidad de bambúes nativos, nombres comunes y formas de empleo ligados a las costumbres e identidad de los pueblos.

En cuanto a las partes de uso, se encontró el empleo del tallo o culmo del bambú mediante el sistema constructivo tradicional bahareque, donde se han empleado varas de *Otatea fimbriata* (Guich) tanto en la conformación de muros y cubiertas. Esto se relaciona a otras especies del género *Guadua* que por sus dimensiones y alta resistencia sobresalen para ser empleadas en la construcción (Cruz Ríos 1994, Montiel Longhi 1998, Hidalgo 2003, Rodríguez *et al.* 2009, Cedeño y Irigoyen 2011, Sánchez 2011, Liese y Köhl 2015, Peña 2015), que incluso han sido utilizadas desde tiempos prehispánicos como elemento mortuario en sepulturas mayas (Trabanino y Núñez 2015). Estas especies poseen una gran resistencia, factor que ha hecho que las personas confíen en ellas a lo largo del tiempo y las empleen en la conformación de sus espacios habitables.

Los conocimientos tradicionales heredados de generación en generación están presentes, no solo en la forma de empleo del Guich en el sistema constructivo tradicional bahareque, sino incluso van desde el proceso de corte, secado e inmunización de las cañas de Guich para su aprovechamiento. Lo que concuerda a lo reportado por la literatura y que se han encontrado en otras regiones de México y el

mundo (Hidalgo, 1981; CONAFOR, 2002; Morán, 2015). Algo de resaltar, es el hecho de que en la literatura se menciona explícitamente que los tiempos de corte ideales son en cuarto menguante (fase lunar), por otro lado, en esta investigación se encontró que las personas de la localidad en su amplio conocimiento sobre los bosques cortan las varas de Guich en luna nueva (fase lunar), cuando los efectos de la luna sobre las plantas son menores aún que en cuarto menguante. Todo esto manda a tener en consideración las fases de la luna en los tiempos de corte para garantizar la vida útil del material, ya que la planta al tener menor actividad tiene menor presencia de savia en el culmo o tallo, concentrándose en la raíz. Esto viene a ser un factor importante con el que los ejidatarios garantizan la vida útil del material.

Es evidente que a pesar del conocimiento tradicional ya existente sobre la planta, se necesita brindar a las personas de la comunidad capacitación en cuanto a manejo de la plantación, cortes e inmunización, para que tengan una fuente de ingresos confiable, aprovechando un material de calidad, y despertando de igual forma su interés por utilizar al bambú por sus amplios beneficios tanto ambientales y sociales, como económicos, lo que podría llegar a aumentar sus niveles de resiliencia como grupo humano.

8.2 Propiedades físicas y mecánicas de *Otatea fimbriata* Soderstrom

8.2.1 Propiedades físicas

8.2.1.1 Densidad básica

Los valores resultantes de densidad básica de *Otatea fimbriata* (Guich), el mínimo (430 Kg/m^3) y el máximo ($1,580 \text{ kg/m}^3$) que se encontraron en la parte media del culmo, la posicionan dentro de los rangos característicos e incluso superiores a los encontrados en la bibliografía para otras especies. Siendo así, Zaragoza *et al.* (2015) obtuvo para *Guadua aculeata* el valor *mínimo de* 370 Kg/m^3 y el máximo de 920 Kg/m^3 ; Aponte (2016) reporta para *Guadua angustifolia*, el valor *mínimo de* 537.30 Kg/m^3 y el máximo de 798.56 Kg/m^3 ; para la misma especie Osorio y Espinosa (2012) obtuvo, el valor *mínimo de* 250.63 Kg/m^3 y el máximo de 805 Kg/m^3 ; Zaragoza *et al.* (2015) tiene

para esta misma especie, el valor *mínimo* de 620 Kg/m³ y el máximo de 900 Kg/m³; los valores para *Dendrocalamus asper* (Min.: 560 Kg/m³, máx.: 700 Kg/m³), *Bambusa heterostachya* (Min.: 390 Kg/m³, máx.: 580 Kg/m³), *Bambusa vulgaris* (Min.: 690 Kg/m³, máx.: 840 Kg/m³), *Bambusa blumeana* (Min.: 390 Kg/m³, máx.: 590 Kg/m³), *Chusquea culeou* (Min.: 550 Kg/m³, máx.: 690 Kg/m³), *Gigantocholoa levis* (Min.: 470 Kg/m³, máx.: 800 Kg/m³) (Zaragoza *et al.*, 2015).

Se observó que *O. fimbriata* tiene una densidad promedio muy alta en comparación con las *Guaduas* (*G. aculeata*, *G. angustifolia*) y las otras especies. Esta variación tan amplia de la densidad básica entre las especies, tal como lo manifiesta Zaragoza *et al.* (2015) se explica por las características anatómicas del bambú; aunado a la mayor heterogeneidad que hay en individuos provenientes de bosques naturales.

Esta misma densidad dota a la especie de una gran resistencia contenida en un diámetro cuatro veces menor comparado con el género *Guadua*, por lo que su forma de empleo además de lo reportado puede extenderse hasta lograr formar un sistema constructivo en su totalidad (composición de muros y cubierta).

8.2.2 Propiedades mecánicas

8.2.2.1 Resistencia a la Compresión Paralela a la Fibra

Los valores de resistencia máxima en compresión paralela a la fibra de la especie *O. fimbriata*, para los especímenes con nudo; van de 40.42 MPa en la parte inferior a 47.45 Mpa en la superior, y en los ejemplares sin nudo se incrementan de tal forma que en la parte media se presentan el valor más alto; pasando de 42.48 Mpa (I), 49.60 Mpa (M), y 45.7 Mpa (S), este incremento se asemeja a lo reportado en la bibliografía, donde se nota una marcada tendencia a incrementar la resistencia conforme a la altura (Cely Moreno *et al.*, 2012; Ciro *et al.*, 2005; Correal y Arbeláez, 2010; García *et al.*, 2015b; Luna *et al.*, 2014; Sánchez *et al.*, 2016; Sánchez Medrano *et al.*, 2016; Takeuchi y González, 2007; Zaragoza *et al.*, 2015).

Los valores resultantes para *O. fimbriata* se asemejan, e incluso superan los resultados en otras especies de bambú, principalmente atribuidas al género *Guadua*. Dentro de las guaduas mexicanas (*G. aculeata*, *G. amplexifolia*, *G. velutina*, *G. paniculata*); Zaragoza *et al.* (2015), reporta para *Guadua aculeata* de Puebla valores que van de 47.9 Mpa (I), 50.9 Mpa (M) y 56.6 Mpa (S). En un estudio sobre tres guaduas mexicanas se encontró para *Guadua aculeata* de Veracruz valores de 42.33 Mpa (I), 52.55 Mpa (M) y 66.2 Mpa (S); *Guadua amplexifolia* de Veracruz valores de 25.1 Mpa (I), 33.6 Mpa (M) y 41.8 Mpa (S); *Guadua Velutina* procedente de Tabasco valores de 29.3 Mpa (I), 34.9 Mpa (M) y 46.6 Mpa (S) (Ordóñez y Bárcenas, 2014). Para *Guadua amplexifolia* de Veracruz se encontró 25.95 Mpa (I), 28.82 Mpa (M) y 33.51 Mpa (S) (Sánchez *et al.* 2016). Para la especie *Guadua angustifolia* procedente de Colombia, Takeuchi y González (2007) encontró valores que van de 50.63 Mpa (I), 56.42 Mpa (M) y 59.70 Mpa (S); Correal y Arbeláez (2010) encontró valores que van de 38.1 Mpa (I), 42.1 Mpa (M) y 42.6 Mpa (S); Cely Moreno *et al.* (2012) en especímenes con nudo obtuvo 36 Mpa (I), 39.8 Mpa (M) y 43.6 Mpa (S), para especímenes sin nudo 33.3 Mpa (I), 43 Mpa (M), 42.2 Mpa (S) (Anexo1).

La especie evaluada (*O. fimbriata*) presenta valores superiores a la *G. amplexifolia*, *G. Velutina* y *G. paniculata*, y desde la sección media a alta se presentan valores ligeramente más altos para la *G. aculeata*. El Guich (*O. fimbriata*) con un menor diámetro alcanza los valores reportados para las especies del género *Guadua*, siendo estas ampliamente empleadas como elementos estructurales en la construcción.

8.2.2.2 Resistencia a la Flexión Paralela a la Fibra

Los valores encontrados en la bibliografía para la prueba de resistencia a la flexión paralela a la fibra, se asemejan a los encontrados en esta investigación que va de 61.51 MPa a 48.34 MPa de la parte inferior a la superior respectivamente; siendo así, Zaragoza *et al.* (2015) obtuvo valores que van de 76.6 Mpa (I), 62.8 Mpa (M) y 73.3 Mpa (S) para la *Guadua aculeata* en Puebla; Ordóñez y Bárcenas (2014) en su estudio sobre tres especies nativas de *Guaduas*, encontró valores de 59.7 Mpa (I), 66.3 Mpa

(M) y 89.2 Mpa (S) para *Guadua acuelata* de Veracruz, 77 Mpa (I), 90.9 Mpa (M) y 102.1 Mpa (S) para *Guadua amplexifolia* de Veracruz y finalmente para *Guadua velutina* de Tabasco encontró valores que van de 75.6 Mpa (I), 82.8 Mpa (M) y 88.3 Mpa (S). En otro estudio para *Guadua angustifolia* procedente de Colombia se encontró valores de 88.8 Mpa (I), 91.6 Mpa (M) y 97.8 Mpa (S) (Correal y Arbeláez, 2010); Cely Moreno *et al.* (2012) encontró valores que van de 213 Mpa (I), 106 Mpa (M) y 103 Mpa (S) para *Guadua angustifolia* de Colombia (Anexo 2). Cabe señalar que estos valores se desarrollaron ejecutando la prueba en cuatro puntos de apoyo tal como se señala en la norma, y en la presente investigación los valores se obtuvieron de una prueba a tres puntos por las limitaciones de la pieza adaptada a la máquina de pruebas universales.

Estos valores de resistencia al compararlos con las del género *Guadua*, nos muestran las amplias cualidades del Guich, pero a la vez observamos que en promedio se encuentra superado por este género en esta prueba, tal como se ven en los datos de resistencia. Cabe señalar que, a pesar de esto, *Otatea fimbriata* (Guich) tiene buenos resultados al obtenerse su valor más alto de 61.51 MPa en la parte media del culmo. Esto demuestra que el Guich puede usarse para concebir elementos como un sistema, es decir; que trabajen en conjunto (tres o cuatro), llegando así a lograr desarrollar componentes estructurales de gran resistencia.

8.2.2.3 Resistencia a la Tensión Paralela a la Fibra

Los resultados de *Otatea fimbriata* en la prueba a tensión paralela a la fibra para los especímenes sin nudo van de 110 Mpa (I), 100.63 Mpa (M) y 94.67 Mpa (S); y de 96.15 Mpa (I), 108.02 Mpa (M) y 92.86 Mpa (S) en porciones sin nudo. Estos valores se asemejan y superan a los encontrados en la bibliografía tal como para *Guadua aculeata* que van de 58.5 MPa (I), 92.2 MPa (M) y 63.6 MPa (S) (Zaragoza *et al.*, 2015). En otro estudio Sánchez Medrano *et al.* (2016) encontró para *Guadua amplexifolia* valores que van de 154.84 MPa (I), 183.96 MPa (M) y 198.58 MPa (S), valores que superan a los de la presente investigación. Para la *Guadua angustifolia*, Aponte (2016) obtuvo 52.25 MPa (I), 52.43 MPa (M) y 47.63 MPa (S); en otro estudio Ciro *et al.* (2005) encontró el valor promedio de 190.7 MPa. Cely Moreno *et al.* (2012) encontró valores que van de

108 MPa (I), 91.9 MPa (M) y 175.95 MPa (S) para especímenes con nudo y 162.6 MPa (I), 138.3 MPa (M) y 202.41 MPa (S) en especímenes sin nudo (Anexo 3).

Como se logra apreciar en esta prueba de la resistencia obtenida en *O. fimbriata* supera a lo reportado por Zaragoza *et al.* (2015), para *Guadua aculeata*, no siendo así para las otras *guaduas* (*Guadua amplexifolia* y *G. angustifolia*), donde se ve superada en gran manera. Estos valores de resistencia al compararlos con estas especies resaltan en demasía las características de la especie estudiada al resistir 110 Mpa, es decir que obtiene una alta resistencia con un diámetro cuatro veces menor a lo encontrado regularmente en el género *Guadua*.

IX. CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación forman parte de los esfuerzos para la investigación y generación de información tecnológica de las especies de bambú nativas México, principalmente para ampliar su aprovechamiento en el campo de la construcción.

El proceso de identificación fue crucial para determinar correctamente las especies colectada, por lo que es necesario poner más énfasis en conocer la taxonomía de las especies incentivando de esta manera su estudio detallado.

Se encontró que los ejidatarios tienen conocimientos que han pasado de generación en generación sobre la especie, como el conocimiento ancestral del corte, el cual se desarrolla principalmente durante la luna nueva (donde los efectos de la luna sobre las plantas son mucho menores), además del proceso de inmunización empleando un baño de petróleo (diesel) sobre las cañas, para alargar su vida útil. A pesar del conocimiento que han desarrollado sobre la especie se necesita generar e incentivar el aprovechamiento de la especie, para que las personas tengan los conocimientos óptimos para el correcto manejo y explotación de su plantación.

En cuanto a su uso y aprovechamiento en la zona de estudio, las especies nativas están perfectamente enlazadas a la cultura e identidad del pueblo, siendo empleada tanto en la construcción vernácula (paredes y cubiertas), como en objetos que forman parte de la cotidianidad de las personas (palos de escoba), en la conformación de herramientas del trabajo agrícola (Cabo de barreta y coa), hasta su empleo como forraje para el ganado.

Relacionado a las características tecnológicas de la especie *Otatea fimbriata* (Guich). Los resultados de resistencia última a compresión paralela a la fibra muestran un marcado incremento conforme a su altura en especímenes con nudo lo cual concuerda con la bibliografía consultada. Presentándose diferencias que no son significativas entre las secciones del culmo.

La resistencia a la flexión paralela a la fibra mostró un incremento que va de la sección inferior a la media, decayendo en la parte superior, encontrándose diferencia significativa entre estas.

En los ensayos a Tensión paralela a la fibra se presenta una disminución en la resistencia conforme a su altura en los ejemplares con nudo, y mostrándose un incremento en la de la sección inferior a la media, obteniéndose el valor más bajo en la parte superior. Pese a esto no se encontró diferencia significativa entre las tres secciones del culmo.

La *Otatea fimbriata* presenta altos estándares como se observa en los resultados sobre sus características físicas y mecánicas, donde se asemejan e incluso superan a los valores encontrados para el género *Guadua* que crece en México (*G. aculeata*, *amplexifolia*, *velutina*, *paniculata*) y *G. angustifolia* (colombiana). Con base a la información se afirma que la especie nativa *O. fimbriata* puede usarse confiadamente en la conformación de elementos estructurales, llegando a generar un sistema constructivo mediante el cual, se utilice en un conjunto de elementos (tres o cuatro) perfectamente articulados que trabajen en conjunto. Esto potencializa el interés para su aprovechamiento entre los ejidatarios de la localidad de la Ciénega, del municipio de Suchiapa, Chiapas, México, ya que a pesar de su empleo el desinterés por esta especie es evidente, haciendo falta impulsar su desarrollo, propagación, concientización y su aprovechamiento para que los habitantes de la zona se den cuenta de la mina de oro verde que tienen a su alrededor.

Este es un primer acercamiento al estudio de especies regionales en Chiapas, México, para que al conocer sus propiedades se promueva y mejore su aplicación constructiva como recurso natural de bajo impacto ambiental. Este trabajo se une a los esfuerzos por generar las bases de información sobre los bambúes nativos de México, Siendo necesario realizar más estudios de caracterización de las especies nativas; ya que mediante el estudio de este recurso natural se valida su aprovechamiento tecnológico.

X. LITERATURA CITADA

- Achkar, M. (2005). "Indicadores de Sustentabilidad". En *Ordenamiento Ambiental del Territorio* (Comisión Sectorial de Educación Permanente. DIRAC, Facultad de Ciencias., p.13).
- Alfaro, J. M., Limón, B., & Martínez, G. Á. (2014). *Ambiente y Sustentabilidad: Por una educación ambiental* (Universidad Autónoma de Nuevo León). Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=1fHhBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Anónimo. (s/f). *Arquitectura Sustentable*. Recuperado de https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-27_01-18-5298075.pdf
- Añazco, M. (2013). *Estudio de vulnerabilidad del bambú (guadua angustifolia) al cambio climático, en la costa del Ecuador y norte Perú, en la costa del Ecuador y norte Perú*. Recuperado de http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_del_bambu.pdf
- Aponte, A. F. G. (2016). *Caracterización físico-mecánica de la guadua en el municipio de Guaduas- Cundinamarca* (Magíster en Construcción). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Revista Ecosistemas*, 11(2). <https://doi.org/10.7818/re.2014.11-2.00>
- Bamboo Phylogeny Group [BPG]. (2012). An Updated Tribal and Subtribal Classification of the Bamboos (Poaceae: Bambusoideae). En *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society* (Vol. 25). American Bamboo Society.
- BAMBÚ ECUADOR. (2015). Taxonomía, Ecología y Silvicultura del Bambú (con énfasis en Guadua Angustifolia). Recuperado el 11 de marzo de 2018, de BAMBÚ ECUADOR website: <https://bambu.com.ec/bambu/taxonomia-ecologia-y-silvicultura-del-bambu-con-efasis-en-guadua-angustifolia/>
- Barrera, A. (2008). *La Etnobotánica: Tres puntos de vista y una perspectiva* (p. 16) [Programa Nacional de Etnobotánica. Recuperado de Universidad Autónoma

- Chapingo website: <https://www.caja-pdf.es/2017/09/04/2la-etnobotanica-tres-puntos/2la-etnobotanica-tres-puntos.pdf>
- Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5), 1251–1262. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1251:ROTEKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2)
- Berlin, B. (1992). *Ethnobiological Classification: Principles of Categorization of Plants and Animals in Traditional Societies*. Princeton University Press.
- Brugger, S. I., & Dávila-Moreno, M. E. N. (s/f). *El bambú: Especie multipropósito para el desarrollo sustentable local en México*. 195.
- Casas, A., Vázquez, J., & Lira, R. (2016). Mexican Ethnobotany: Interactions of People and Plants in Mesoamerica. En *Ethnobotany of Mexico, Ethnobiology* (pp. 1–19). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_1
- Castrillón, B. M., & Malaver, D. M. (2004). *Procedimiento de ensayo para la determinación de las propiedades Físico Mecánicas de la Guadua* (Tesis de grado para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Procedimientos_ensayos.pdf
- CATIE. (1990). *EL CHASQUI* (23a ed.). Recuperado de https://books.google.es/books?id=ftYOAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- CCGS. (2013). ¿Qué es Sustentabilidad? | CCGS. Recuperado de CCGS, Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad website: <http://ccgss.org/sustentabilidad/>
- Cedeño, A., & Irigoyen, J. (2011). El bambú en México.pdf. *usjt. arq.urb*, 6, 21. Recuperado de http://www.usjt.br/arq.urb/numero_06/arqurb6_06_ponto_de_vista_03_alberto_cedeno.pdf
- Cedeño-Valdiviezo, A., & Irigoyen-Castillo, J. (2011). El bambú en México.pdf. *arquitectura urbana*, (6).
- CEIEG. (2015). Perfiles 2015. Recuperado el 21 de abril de 2018, de Perfiles Municipales website: <http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/perfiles/Inicio>

- Cely Moreno, L. A., Hernández Rojas, W. G., & Gutiérrez Junco, O. J. (2012). Caracterización de la *Guadua angustifolia* Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá) de acuerdo con la NSR-10. *Facultad de Ingeniería - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 21(33), 53–71. Recuperado de <http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/ingenieria/article/view/2118/2081>
- Cerrón, T. (2014). *Manual de construcción de estructuras con bambú* (1a ed.). Recuperado de <http://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=117>
- Ciro, H. J. V., Saraz, J. A. O., & Restrepo, J. M. V. (2005). *Determinación de la resistencia mecánica a tensión y cizalladura de la guadua angustifolia kunth*. 8. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/242400960_determinacion_de_la_resistencia_mecanica_a_tension_y_cizalladura_de_la_Guadua_angustifolia_KUNTH
- Clark, L. G., Londoño, X., & Ruiz, E. (2015a). Bamboo Taxonomy and Habitat. En W. Liese & M. Köhl (Eds.), *Bamboo: The plant and its uses* (Vol. 10, pp. 1–30). https://doi.org/10.1007/978-3-319-14133-6_1
- CONAFOR. (2002). *Manual para la Construcción Sustentable con Bambú*. Recuperado de http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/Manual_para_la_construcción_sustentable_con_bambú.PDF
- Correal D., J. F., & Arbeláez C., J. (2010). Influence of Age and Height Position on Colombian *Guadua Angustifolia* Bamboo Mechanical Properties. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 12(2), 105–113. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2010000200005>
- Cortés, G. R. (2000). Los bambúes nativos de México. *CONABIO. Biodiversitas*, 30, 12–15. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv30art3.pdf>
- Cortés, G. R. (2005). Recuperado el 2 de marzo de 2017, de www.bambumex.org.
- Cortés, G. R. (2007). *Los Bambúes Nativos de México*. Presentado en México. México: Instituto Tecnológico de Chetumal.

- Cortés, H. G., & Peña, J. I. (2015a). De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos. *Revista EAN*, (78), 40. <https://doi.org/10.21158/01208160.n78.2015.1189>
- Cruz Ríos, H. (1994). *La guadua: Nuestro bambú /*. Armenia, Quindío, Colombia : Corporación Autónoma Regional del Quindío :
- Dávila, M. E. N., & Brugger, S. I. (2012). El Aprovechamiento del Bambú para Impulsar el Desarrollo Económico Sustentable en México. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 176, 25. Recuperado de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2012/desarrollo-economico-sustentable-mexico.html>
- Díaz, R., & Escárcega, S. (2009). *Desarrollo Sustentable una oportunidad para vivir* (1 ra.). México: McGraw-Hil.
- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162–167. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-50572013000300009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Esezarte, E. D. (2016). *Presente, pasado y futuro del bambú en México*. 7. Recuperado de <http://www.worldbamboo.net/3cmb2016/Eduardo%20D%C2%B4esezarte.docx.pdf>
- Estrella, M. V., & González, A. (2017). *Desarrollo sustentable: Un nuevo mañana* (2 da.). Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=izZCDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- García, E., Silva, E., Reyes, J., Arcocha, E., Buenfil, C., Bolívar, N., & Cortés, G. (2015). Caracterización físico-mecánica del recurso natural Bambú presente en el Estado de Campeche, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(7), 14. Recuperado de www.reibci.org
- Gómez, E. (2009). Perspectivas del conocimiento ecológico local ante el proceso de globalización. *Papeles*, 107, 11. Recuperado de

- http://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/PDF%20Papeles/107/Perspectivas_del_conocimiento_ecologico_local.pdf
- González, E. (2017). El bambú en el Perú. *ARKINKA, revista de arquitectura, diseño y construcción*, 256, 3–12.
- Gurdián Fernández, A. (2007). *El paradigma cualitativo en la investigación socio-educativa*. San José, C.R.: CECC : AECl.
- H. Ayuntamiento municipal, G. (2011). *Plan de Desarrollo Municipal*. Recuperado de http://www.haciendachiapas.gob.mx/planeacion/planes_desarrollo_muni.asp
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., Méndez Valencia, S., & Mendoza Torres, C. P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill Education.
- Hidalgo, O. (1981). *Manuel de Construcción con Bambú*. Recuperado de <http://www.basta.jabagalea.fr/tutorialbambou/manual-de-construccion-con-bambu-o.h.lopez.pdf>
- Hidalgo, O. (2003). *Bamboo: The Gift of the Gods* (3ra.). Bogotá, Colombia: The Author.
- ICONTEC. (2007). *Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth (NTC 5525)*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/94197342/NTC-5525-Propiedades-Fisico-Mecanicas-Bambu>
- INAFED. (2010). Chiapas "Suchiapa. Recuperado el 22 de abril de 2018, de Enciclopedia de los Municipios y delegaciones de México website: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07086a.html>
- INECOL. (2013). Usos del bambú. Recuperado el 6 de marzo de 2018, de <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/bienesmuebles-inmuebles/17-ciencia-hoy/137-usos-del-bambu>
- INEGI. (2010). *Principales resultados por localidad 2010 (ITER)*. Recuperado de <https://www.naturalista.mx/places/wikipedia/Suchiapa#Clima>
- INEGI. (2016). *Panorama sociodemográfico de Chiapas 2015* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenido

- s/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/inter_censal/panorama/702825082154.pdf
- ISO: 22157-1. (2004). *Determination of physical and mechanical properties – Part 1: Requirements*. International Organization for Standardization.
- ISO TR 22157-2. (2004). *Determination of physical and mechanical properties – Part 2: Laboratory manual*. International Organization for Standardization.
- Italia, V. (2017). *Manual Técnico del Bambú (Guadua angusfolia kunth) PARA PRODUCTORES* (1ra.). Recuperado de <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/09/Manual%20Tecnico%20del%20Bambu%20para%20Productores.pdf>
- Lárraga, N., Gutiérrez, N., López, H., Pedraza, M. E., Santos, G., Santos, U. I., & Vargas, J. (2011). Propagación vegetativa de tres especies de Bambú. *Ra Ximhai*, 7(2). Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=46119239005>
- Leiva, M. (2015). Centro de investigación y capacitación en el uso del bambú en el Perú. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. Recuperado de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/handle/10757/607414>
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (3ra.). Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=NBtu79LJ4h4C>
- Liese, W., & Köhl, M. (Eds.). (2015a). *Bamboo: The plant and its uses*. Cham Heidelberg New York NY Dordrecht London: Springer.
- Londoño, X. (2002). *Distribución, Morfología, Taxonomía, Anatomía, Silvicultura y Usos de los Bambues del nuevo mundo*. Presentado en Catedra Maestria en Construccion - Modulo Guadua, Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>
- Londoño, X. (2010). *Identificación Taxonómica de los bambúes de la Región Noroccidental de Perú*. Recuperado de Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre, Ministerio de Agricultura website: http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/INFORME%20TAXONOMIA%20BAMB%C3%9A.pdf

- López, C. D., López, E. S., & Ancona, I. (2005). Desarrollo sustentable o sostenible: Una definición conceptual. *Horizonte Sanitario*, 4(2). Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=457845044002>
- Lozano, V. R. (2012). *Uso de la caña guadua como material de construcción: Evaluación medioambiental frente a sistemas constructivos tradicionales* (Máster Universitario en Innovación Tecnológica en Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica). Recuperado de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/356>
- Luna, P., Lozano, J., & Takeuchi, C. (2014). Determinación experimental de valores característicos de resistencia para *Guadua angustifolia*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 16(1), 77–92. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2014005000007>
- Martínez, R. (2003). Alternativas para un Desarrollo Sustentable. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, IV(7), 11–25. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66640702>
- Maya Echeverry, J. M., Camargo García, J. C., & Mosquera, O. M. (2017). Characteristics of Guadua culms according to site and stage of maturity. *Colombia Forestal*, 20(2), 180–190. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a06>
- Mejía-Saules, T. (2016). Colección Nacional de Bambúes Nativos de México: Su contribución al conocimiento científico y tecnológico. *1er. congreso bambú, “Conocimiento, aplicaciones y oportunidades del bambú”*, 7. Recuperado de <https://1ercongresobambu.files.wordpress.com/2017/02/teresa-mejc3ada-coleccc3b3n-nacional-de-bambc3baes-nativos-de-mc3a9xico.pdf>
- Mercedes, J. R. (2006). *Guía Técnica Cultivo del Bambú* (1ra.). Recuperado de https://www.academia.edu/9592074/Gu%C3%ADa_T%C3%A9cnica_Cultivo_del_Bamb%C3%BA
- Montiel Longhi, M. (Ed.). (1998). *Cultivo y uso del bambú en el neotrópico =: Planting & using bamboo in the neotropics* (1. ed). San José, C. R: Editorial de la Univ. de Costa Rica.

- Montiel, M. (1998). *Bamboo* (Vol. 46). Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=Ywb0TFiho08C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Morán, J. (2015a). *Manual de Construcción, Construir con bambú “caña Guayaquil”* (3ra.). Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manual-Construccion-Bambu.pdf
- Ordóñez, V. R. (1999). Perspectivas del bambú para la construcción en México. *Madera y Bosques*, 5(1), 3–12. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61750102>
- Ordóñez, V. R., & Bárcenas, G. M. (2014). Propiedades físicas y mecánicas de tres especies de guaduas mexicanas (*Guadua aculeata*, *Guadua amplexifolia* y *Guadua velutina*). *Madera y Bosques*, 20(2), 111–125. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61732072009>
- Osorio, A. F. C., & Espinosa, W. J. E. (2012). *Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la Guadua angustifolia del municipio de pitalito-huila* (Trabajo de Grado). Universidad Surcolombiana, Colombia.
- OVACEN. (2017). Desarrollo sustentable. Concepto y 22 Ejemplos de proyectos. Recuperado el 30 de marzo de 2018, de Noticias eficiencia energética y arquitectura | OVACEN website: <https://ovacen.com/desarrollo-sustentable-concepto-ejemplos-de-proyectos/>
- Ovando, I., & Sánchez, W. (2005). El empleo de bambúes nativos y la conservación del ecosistema de “chusqueales” en la Sierra Madre de Chiapas, México. *LEISA Revista de Agroecología*, 21. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/215634187>
- Pardo, M., & Gómez, E. (2003). Etnobotánica: Aprovechamiento tradicional de plantas y patrimonio cultural. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 60(1). Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=55660112>

- Peña, C. M. (2015). *Solución Bambú: Guía para el manejo sustentable del género Phyllostachys* (1 a ed. edición especial). Recuperado de <http://www.unmundodebambu.com.ar/librosdebambu/SB.pdf>
- Pérez, N., Rueda, M., Rojo, G. E., Martínez, R., Ramírez, B., & Juárez, J. P. (2009). El bambú (*Bambusa* spp.) como sistema agroforestal: Una alternativa de desarrollo mediante el pago por servicios ambientales en la sierra nororiental del Estado de Puebla. *Ra Ximhai*, 5(003). Recuperado de <http://revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/15166>
- R Core Team. (2018). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing (Versión Versión 3.5.1). Recuperado de <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez, A., Sánchez, J. M., & García, A. (2003). *El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis*. 6, 6.
- Riquelme, M. Á. B., González, M. Á., & Acosta, J. L. (2009). El cultivo del Bambú y sus beneficios al medio ambiente. *Agricultura Orgánica*, 37–38.
- Rodríguez, Rosa Marina. (2005). *Determinación de la distribución potencial de las especies nativas e introducidas de bambú en México* (Facultad de Filosofía y Letras). UNAM, México, D.F.
- Rodríguez, R. María, Galicia, L., Sánchez, W., Gómez, L., Zarco, A., & Ceccon, E. (2009a). Usos actuales, distribución potencial y etnolingüística del bambú leñoso en México. En *Tradiciones & transformaciones en Etnobotánica* (Red Iberoamericana de Saberes y Prácticas Locales sobre el Entorno Vegetal (RISAPRET), pp. 355–363). Argentina: CYTED - Programa Iberoamericano Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
- Ruiz-Sanchez, E. (2009). *Delimitación de especies y posición filogenético del género del bambú americano Otatea (Poaceae: Bambusoideae)*. (Tesis Doctorado en Ciencias). Instituto de Ecología, AC., Veracruz, México.
- Ruiz-Sanchez, E. (2015a). Los bambúes de México en el siglo XXI. Recuperado el 15 de marzo de 2018, de <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/component/content/article/17-ciencia-hoy/518-los-bambues-de-mexico-en-el-siglo-xxi>

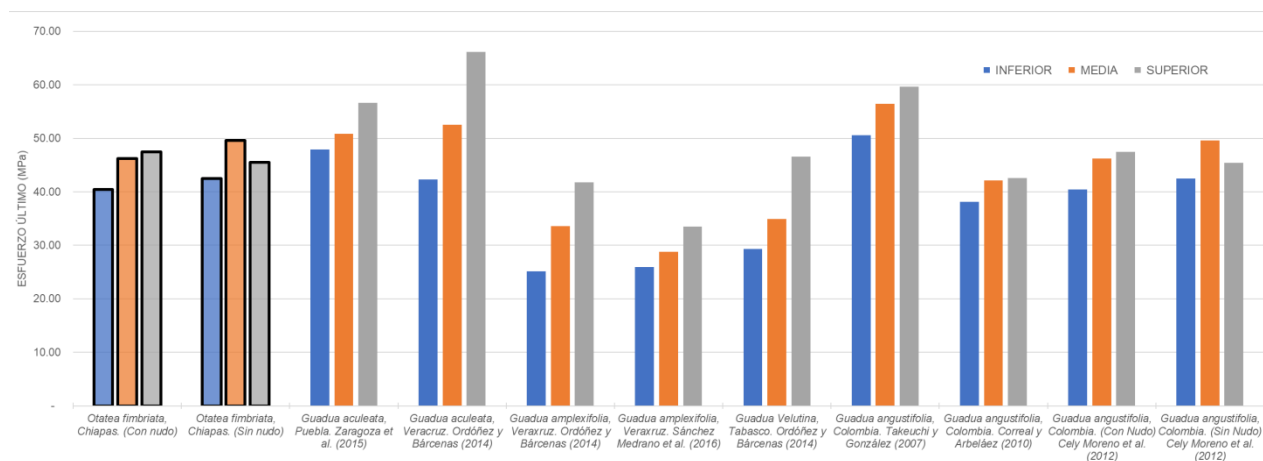
- Ruiz-Sanchez, E. (2015c). Los bambúes de México en el siglo XXI. *La Crónica de Hoy*. Recuperado de <http://www.cronica.com.mx/notas/2015/929403.html>
- Ruiz-Sanchez, E. (2018). Los bambúes en el siglo XXI: Diversidad, especies útiles y conservación. *11 th World bamboo congress proceedings*. Presentado en Xalapa, México. Xalapa, México.
- Sánchez, À. (Ed.). (2011). *Bamboo =: Bambus = Bamboe*. Barcelona, España: FKG [Frölich & Kaufmann].
- Sánchez, M. (2009). *Manual para el manejo nutricional y producción del bambú para el panda gigante (Ailuropoda Melanoleuca) y panda rojo (Ailurus fulgens) en el zoológico de chapultepec, ciudad de México*. Recuperado de <http://www.economia.unam.mx/deschimex/cechimex/chmxExtras/documentos/propuestasbecas/2009/MarianoSanchez/AnexoManualparaelmanejonutricionalyproducciondelbambuparaelpandagigante.pdf>
- Sánchez, M. T., Espuna, J. A., & Roux, R. S. (2016). El bambú como elemento estructural: La especie *Guadua Amplexifolia*. *Nova Scientia*, 8(17), 657–677. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203349086032>
- Sánchez Medrano, M. T., Espuna Mújica, J. A., Roux Gutierrez, R. S., Sánchez Medrano, M. T., Espuna Mújica, J. A., & Roux Gutierrez, R. S. (2016). El bambú como elemento estructural: La especie *Guadua amplexifolia*. *Nova scientia*, 8(17), 657–677. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-07052016000200657&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- SEDESOL. (2013). Catálogo Localidades. Recuperado el 16 de mayo de 2018, de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=07&mun=086>
- Sungkaew, S., Stapleton, C. M. A., Salamin, N., & Hodkinson, T. R. (2009). Non-monophyly of the woody bamboos (Bambuseae; Poaceae): A multi-gene region phylogenetic analysis of Bambusoideae s.s. *Journal of Plant Research*, 122(1), 95–108. <https://doi.org/10.1007/s10265-008-0192-6>
- Takeuchi, C. P., & González, C. E. (2007). Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la *Guadua angustifolia* y determinación del módulo de elasticidad.

- Ingeniería y Universidad*, 11(1), 89–103. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47711106>
- Tam, C. P. T., & González, C. E. (2007). *Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la Guadua angustifolia y determinación del módulo de elasticidad*. 16.
- Trabanino, F., & Núñez, L. F. (2015). Guadua como elemento mortuario en sepulturas mayas. *Boletín de Antropología*, 29(48), 144–163. Recuperado de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/boletin/article/view/22218>
- Vorontsova, M., G. Clark, L., Dransfield, J., Govaerts, R., & Baker, W. (2016). *World Checklist of Bamboos and Rattans*. Beijing, China: International Network of Bamboo and Rattan.
- Wang, G., Innes, J. L., Dai, S., & He, G. (2008). Achieving sustainable rural development in Southern China: The contribution of bamboo forestry. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 15(5), 484–495. <https://doi.org/10.3843/SusDev.15.5:9>
- Zaragoza, I., Borja, A., Zamudio, F. J., Ordóñez, V. R., & Bárcenas, G. M. (2014). Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 20(3), 87–96. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61732732008>
- Zaragoza, I., Ordóñez, V. R., Bárcenas, G. M., Borja, A. M., & Zamudio, F. J. (2015). Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(3), 505–516. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000045>

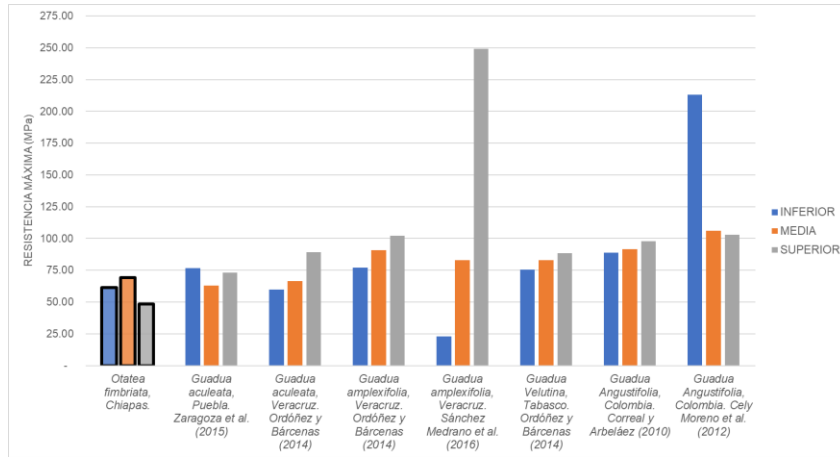
XI. ANEXOS

Anexo 1. Valores de densidad básica de otras especies obtenidas de la bibliografía comparadas con los resultados obtenidos para *Otatea fimbriata*.

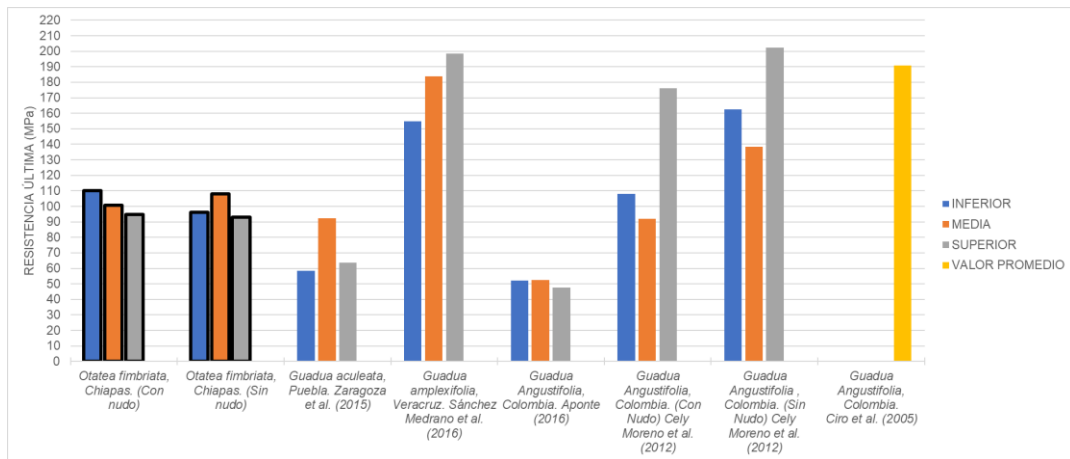
Especie	Dd, Mínima	Db, Máxima (kg/m ³)	Fuente
<i>Otatea fimbriata</i>	430	1,580	Presente Estudio
<i>Guadua aculeata</i>	370	920	
<i>Guadua angustifolia</i>	537.30	798.56	Aponte (2016)
<i>Guadua angustifolia</i>	250.63	805	Osorio y Espinosa (2012)
<i>Guadua angustifolia</i>	620	900	
<i>Dendrocalamus asper</i>	560	700	
<i>Bambusa heterostachya</i>	390	580	
<i>Bambusa vulgaris</i>	690	840	Zaragoza et al. (2015)
<i>Bambusa blumeana</i>	390	590	
<i>Chusquea culeou</i>	550	690	
<i>Gigantochloa levis</i>	470	800	



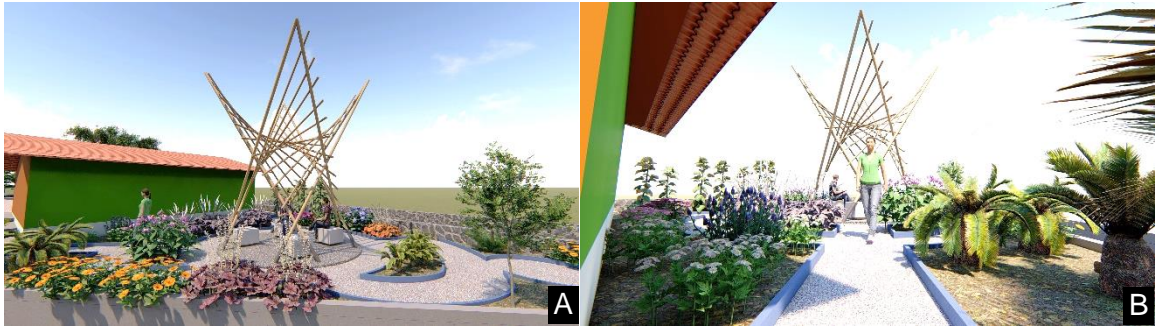
Anexo 2. Comparación de la resistencia máxima (σ_{ult} , MPa), promedio por sección de los culmos en compresión paralela la fibra entre *Otatea fimbriata* y las Guaduas mexicanas y colombiana.



Anexo 3. Comparación de la resistencia última (σ_{ult} , Mpa), promedio por sección de los culmos en flexión paralela la fibra de *Otatea fimbriata* entre las Guaduas mexicanas y colombiana.



Anexo 4. Comparación de del esfuerzo última (σ_{ult} , Mpa), promedio por sección de los culmos en Tensión paralela la fibra, en especímenes con nudo y sin nudo de *Otatea fimbriata* entre las Guaduas mexicanas y colombiana.



Anexo 5. Construcción de Estructura Sol y Sombra para el Jardín Nativo, en la cual se trabajaron dos especies de bambú nativas de Chiapas (*Guadua Amplexifolia* y *Otatea fimbriata*). A y B) Imágenes virtuales del Proyecto aceptado para la construcción. C, D y E) Proceso de habilitado de varas de Bambú y montaje de estructura. F y G) Estructura Sol y Sombra completada.



Anexo 6. Impartición del Curso – Taller de Construcción de Cubierta con Guich (Bambú nativo de Chiapas). A y B) Explicación introductoria del concepto de bambú, especies nativas, principios constructivos, cultivo y aprovechamiento. C) Varas de Guich (*Otatea fimbriata*) empleadas en el taller. D) Trabajo en equipo de los participantes en el armado de estructura y cubierta. E, F y G) Estructura ligera formada con varas de Guich ancladas sobre piedras de la zona.

DISTRIBUCIÓN Y USO DEL BAMBÚ NATIVO DE CHIAPAS, MÉXICO.

Hector D. Llaven-José¹, Carolina Orantes-García^{2*}, Gabriel Castañeda-Nolasco³, Rubén Antonio Moreno-Moreno⁴, Arturo Carrillo-Reyes⁵, Eduardo Ruiz-Sanchez^{6,7}

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México. dann.arq10@gmail.com

² Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.

carolina.orantes@unicach.mx

³ Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Chiapas, México. gnolasco2@gmail.com

⁴ Facultad de Ciencias Humanas y Sociales, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.

ruben.moreno@unicach.mx

⁵ Oikos: Conservación y Desarrollo Sustentable, A.C., San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

arturocarrilloreyes@gmail.com

⁶ Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez 2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco 45200, Mexico.

⁷ Laboratorio Nacional de Identificación y Caracterización Vegetal (LaniVeg). Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez 2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco 45200, México.

* Autor de correspondencia. carolina.orantes@unicach.mx

Anexo 7. Artículo titulado “Distribución y Uso del bambú nativo de Chiapas, México”, enviado y en proceso de revisión en la revista ANNALS OF FOREST RESEARCH, Journal of Forestry and Environmental Sciences.

Resistencia a la compresión paralela a la fibra de una especie de bambú nativa de México (*Otatea fimbriata Soderstrom*)

Resistance to Parallel Compression to the Fiber of a Native Bamboo Species from Mexico (Otatea fimbriata Soderstrom)

Héctor D. Llaven-José
dann.arq10@gmail.mx
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

César Armando Guillén-Guillén
cesar_guillen@comunidad.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Gabriel Castañeda Nolasco
gnolasco2@gmail.com
Universidad Autónoma de Chiapas

Yann Barnet
ybarnet@usmp.pe
Universidad de San Martín de Porres, Perú

INVESTIGACIÓN

Resumen

En la presente investigación se determinó el esfuerzo máximo a la compresión paralela de la fibra de una especie de bambú nativa de México (*Otatea fimbriata Soderstrom*), encontrada de forma silvestre en el municipio de Suchiapa, Chiapas, para su validación como material de construcción. Se ensayaron con muestras con nudo y sin nudo de la parte inferior, media y superior de los culmos, siguiendo los procedimientos de la NTC-5525:2007 "Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua Angustifolia Kunth*" y las normas ISO 22157-1: 2004 e ISO TR 22157-2: 2004. Los valores de resistencia máxima están dentro del rango reportado de otras especies de bambú (género *Guadua*). Los valores a compresión demuestran que la *Otatea fimbriata Soderstrom* es un material alternativo, natural, altamente renovable y con alto potencial para su uso en construcción.

Palabras clave: bambú, especie nativa, compresión, resistencia máxima

Abstract

In the present investigation the maximum parallel compression effort of the fiber of a species of bamboo native to Mexico (Otatea fimbriata Soderstrom) was determined, found in the wild in the municipality of Suchiapa, Chiapas, for its validation as a construction material. Samples were tested with and without knot of the lower, middle, and upper part of the culms, following the procedures of the NTC-5525: 2007 "Test methods to determine the physical and mechanical properties of the Guadua Angustifolia Kunth" and the ISO: 22157-1: 2004 and ISO TR 22157-2: 2004 standards. The maximum resistance values are within the reported range of other bamboo species

Fecha de recepción: 09 de septiembre de 2019
Fecha de aceptación: 27 de septiembre de 2019

DOI: 10.22201/fa.2007252Xp.2019.20.72348

Anexo 8. Artículo titulado "Resistencia a la compresión paralela a la fibra de una especie de bambú nativa de México (*Otatea fimbriata Soderstrom*), aceptado y publicado en la revista semestral de investigación de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, ACADEMIA XXII.