



Becario:	Gómez, Benjamín De Jesús
Director:	Mgter. Suirezs, Teresa María
Co-director:	Dr. Broz, Diego Ricardo
Unidad Académica:	Facultad de Ciencias Forestales, UNaM
Área temática:	Ingeniería y Tecnologías
Código del Proyecto o Trabajo	SCyT 16/F170-PI
Acreditado:	
Tipo de Beca – Duración:	Estímulo a la Vocación Científica – 12meses
Título del Plan de Trabajo:	Características Tecnológicas De <i>Phyllostachys aurea</i> Riviere & C. Riviere

1) Exposición sintética de la labor desarrollada durante el año de ejecución de la beca

Las labores desarrolladas se llevaron a cabo tomando como guía base lo expuesto en el plan de trabajo. Los culmos de los bambúes cortados sesecaron al aire libre para que se estabilicen. Luego se procedió según la NORMA ISO 22157-1:2004a marcar y cortar las diferentes probetas a ser ensayadas tanto para las propiedades físicas como las propiedades mecánicas. Se registraron las probetas con un código para su identificación y las dimensiones de las mismas. Se realizaron los ensayos de las probetas de bambú, de los que se obtuvieron los valores de resistencia mecánica, el contenido de humedad y sus pesos específicos aparentes. Con los datos obtenidos, se procedió a sistematizarlos y a realizar los análisis estadísticos correspondientes. Posteriormente se registraron los resultados según los objetivos del plan de trabajo y se determinó si la especie *Phyllostachys aurea* Riviere & C. Riviere representa propiedades tecnológicas aptas para mobiliarios y productos para la construcción

2) Grado de cumplimiento del plan de trabajo

Se cumplió el 100% del plan de trabajo propuesto de manera satisfactoria.

3) Objetivos alcanzados

- Contribuir al logro de los objetivos del proyecto de investigación en el cual se inserta este plan de trabajo.:

A través de los datos obtenidos en el presente desarrollo del trabajo para la especie *Phyllostachys aurea* Riviere & C. Riviere, se contribuye a los datos necesarios para caracterizar las especies de Bambú según sus propiedades físicas y mecánicas

- Determinación de los pesos específicos aparentes:

Los pesos específicos aparentes (PEA) de la especie en cuestión se muestran en la Tabla 1. Se realizó la prueba de t con el software estadístico INFOSTAT para determinar diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los PEA según la posición de la probeta en el culmo y su contenido de humedad, los datos demuestran que no hay diferencias estadísticas a un nivel de confianza del 95% para el estado estacionado y el estado anhidro, pero si hay diferencias estadísticas entre los PEA de la base del culmo y el medio para el estado saturado de las probetas

Tabla 1. Peso Específico Aparente (PEA) según diferentes contenidos de humedad y posición de la probeta

Posición de la probeta en el culmo	Nº de Muestras	Media PEA Est (g/cm ³)	Media PEA Anh (g/cm ³)	Media PEA Sat (g/cm ³)
BASE	29	0,54 A	0,50 B	0,91 C
MEDIO	19	0,58 A	0,53 B	1,01 D
Promedio general		0,56	0,51	0,95

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Referencias: Est (Estacionado); Anh (Anhidro); Sat (Saturado)

Se observa en el gráfico 1. La tendencia a aumentar la densidad aparente según se aumente en altura en la posición del Bambú.

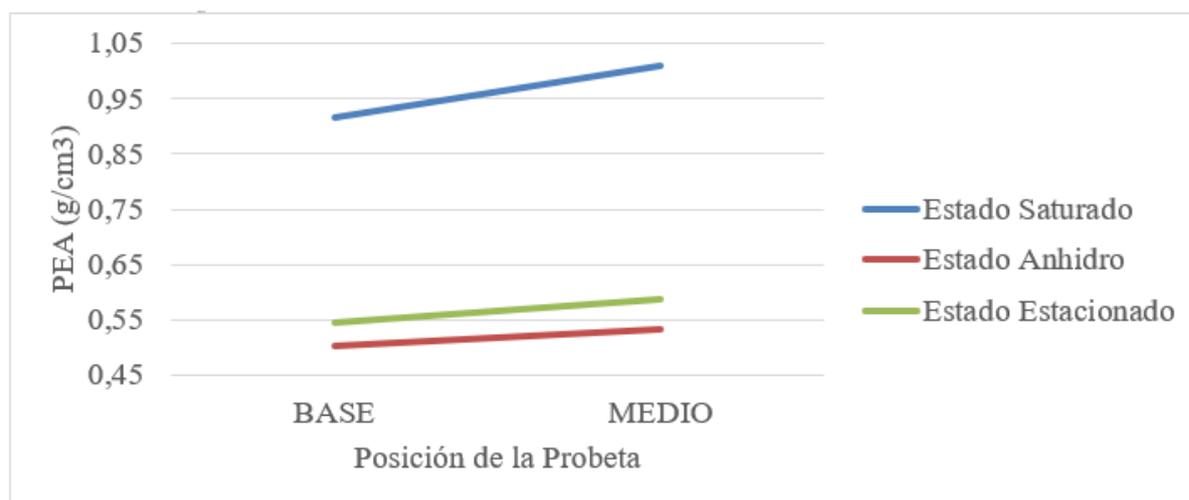


Gráfico 1: Variación de la densidad aparente en *Phyllostachys aurea* Riviere & C. Riviere según la posición de la probeta en el culmo y su contenido de humedad

- Estudio de la estabilidad dimensional:

La estabilidad dimensional fue estudiada a través de los valores de contracción e hinchamiento, y el punto de saturación de fibras. En la tabla 2 se puede observar que no hay diferencias estadísticamente significativas para los valores de Contracción (CT) e Hinchamiento Total (HT) en las probetas basales y las tomadas de la altura media del culmo, excepto para los valores obtenidos en el sentido longitudinal de las probetas, donde la tendencia es a que sean mayores los valores de las probetas basales. El espesor de la pared fue el que presentó mayores variaciones de CT e HT

Tabla 2. Contracción e Hinchamiento Total medidos en el espesor de la pared, en el diámetro externo y en el sentido longitudinal

Posición de la probeta	CT EP %	CT DE %	CT L %	HT EP%	HT DE %	HT L %
BASE	5,71 A	4,49 B	0,26 C	6,16 E	4,71 F	0,27 H
MEDIO	5,35A	4,72 B	0,19 D	5,74 E	4,96 F	0,19 I
Media general	5,57	4,57	0,23	6,00	4,80	0,23

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Referencias: CT (Contracción Total); HT (Hinchamiento Total); EP (espesor de la pared); DE (diámetro externo); L (Longitud)

En la tabla 3 se observan los diferentes valores de Punto de Saturación de Fibra (PSF) según la posición de la probeta en el culmo y el plano medido, también el contenido de humedad (CH%) medio de las probetas. El análisis realizado muestra que no hay diferencia estadísticamente significativa del PSF en cualquier posición o plano de medición mostrada en el gráfico 2 realizado con INFOSTAT.

Tabla 3. Contenido de Humedad y Punto de Saturación de Fibras

Posición de la probeta	Media de CH %	Media PSF DE	Media de PSF EP	Media de PSF L	PSF total
BASE	14,88	26,17	36,61	31,02	31,27
MEDIO	16,02	29,06	44,10	35,88	36,35
Promedio	15,34	27,17	39,48	32,98	33,21

Referencias: CH (contenido de humedad); PSF (punto de saturación de fibras); EP (espesor de la pared); DE (diámetro externo); L (Longitud)

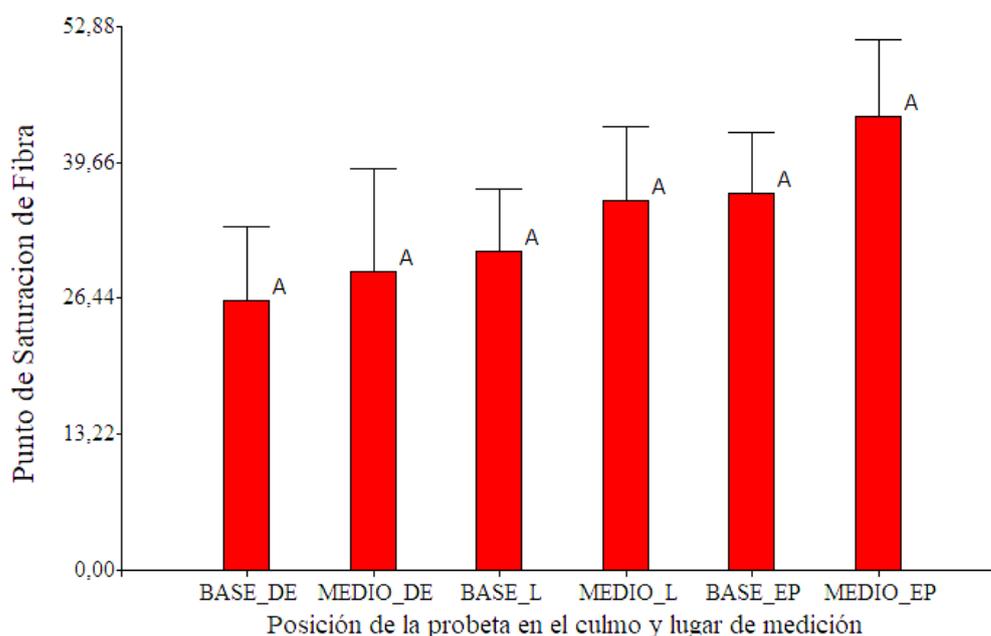


Gráfico 2. Medias de PSF

Referencias: DE (diámetro externo); EP (espesor de pared); L (longitud)

- Determinación de la tensión a la tracción.

Este objetivo quedó inconcluso. Las probetas al poseer mucha curvatura se quebraban a lo largo, en lugar de ceder a la tracción, por lo cual no se pudo determinar la tensión a la tracción.

- Estudio de los módulos de rotura y elasticidad a la compresión.

Los gráficos 3, 4, muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos para la base del culmo y el medio del mismo en los valores de MOR Y MOE a la compresión. Los gráficos 5, 6, 7 dan como resultado que, si existen diferencias a

un nivel de confianza del 95% en los ensayos de las probetas basales del culmo y las del medio del mismo para los valores de Carga de Rotura, Carga Máxima y Carga en el Límite proporcional Elástico, siendo la tendencia que en la base sean mayores los valores comparados con los obtenidos del medio.

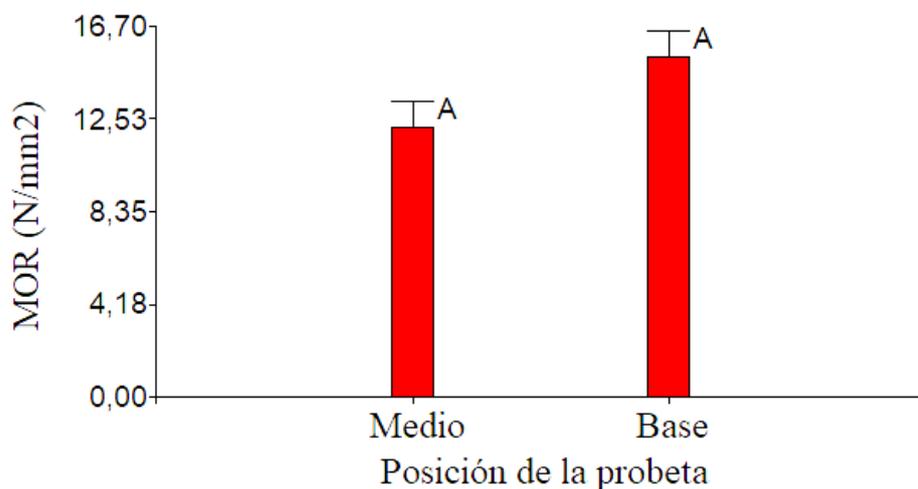


Gráfico 3. Módulo de Rotura a la Compresión (N/mm²)
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

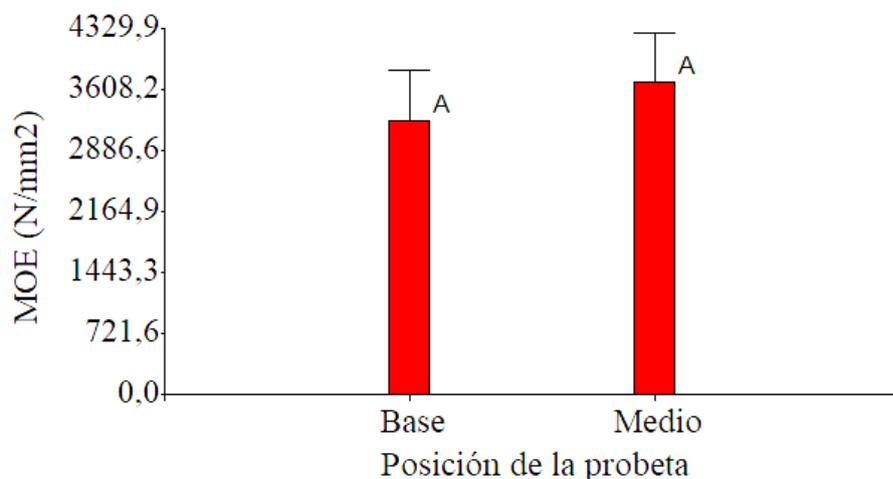


Gráfico 4. Módulo de elasticidad a la compresión (N/mm²)
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

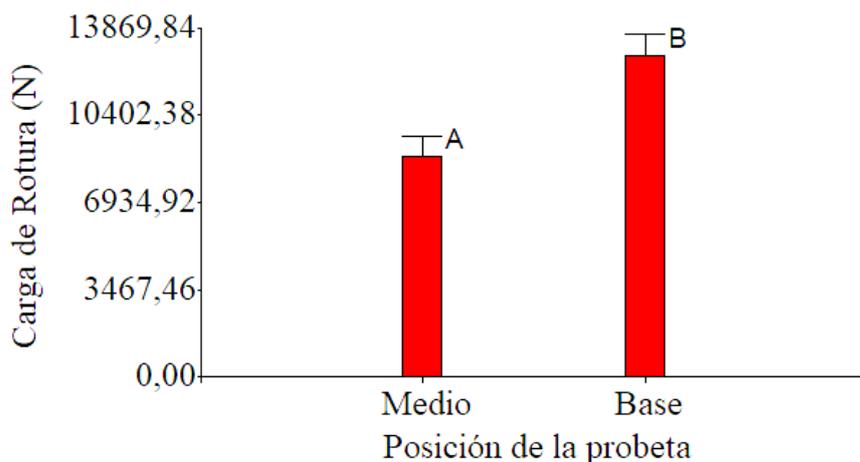


Gráfico 5. Carga de Rotura a la compresión (N)
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

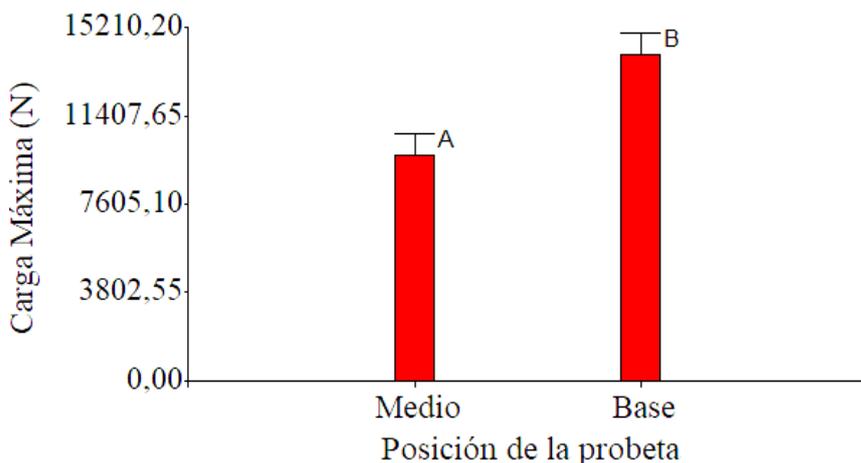


Gráfico 6. Carga Máxima (N) para la compresión
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

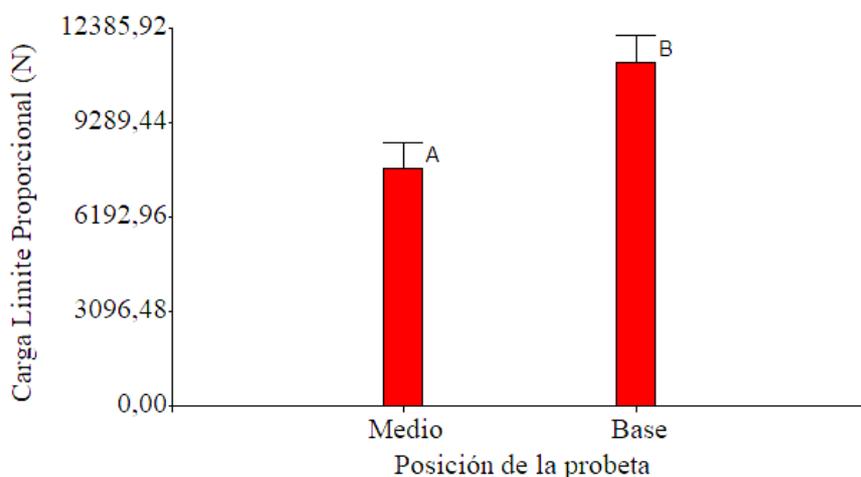


Gráfico 7. Carga en el limite proporcional elástico para la compresión.
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



PLAN ESTRATÉGICO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 2018 - 2022

Tabla 4. Medidas de Resumen para los valores obtenidos de MOE, MOR, Carga de Rotura, Carga Máxima y Carga en el Límite Proporcional para los ensayos de Compresión paralela a las fibras

Posición de la probeta	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
Base	Carga Máx. (N)	16	14015,81	3241,53	810,38	23,13	8596	19135
	Carga de Rotura (N)	16	12789	2887,4	721,85	22,58	7746	17226
	Mod Rotura Compresión (N/mm ²)	16	15,31	4,14	1,03	27,01	9,5	23
	Carga Limite Elástico (N)	16	11278,25	3437,28	859,32	30,48	4726,04	16102,17
	Módulo de Elasticidad (N/mm ²)	16	3236,61	2094,72	523,68	64,72	1548,99	9472,04
Medio	Carga Máximo (N)	17	9706,06	4134,35	1002,73	42,6	4278	20959
	Carga de Rotura (N)	17	8754,94	3730,4	904,75	42,61	3864	18882
	Mod Rotura Compresión (N/mm ²)	17	12,18	5,17	1,25	42,49	5,4	23,7
	Carga Limite Elástico (N)	17	7773,63	3656,55	886,84	47,04	3960,16	16799,56
	Módulo de Elasticidad (N/mm ²)	17	3687,47	2713,98	658,24	73,6	995,35	12898,34

- Estudiodel módulo de rotura y módulo de elasticidad a la flexión estática.

Los gráficos 8, 9, 10, 11, 12 muestran si existen o no diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos para la base del culmo y el medio del mismo, dando como resultado que, si existen diferencias a un nivel de confianza del 95% entre la base y el medio para los valores de MOE y MORa la flexión estática y no hay diferencias significativas en la posición de la probeta para los valores de Carga de Rotura, Carga Máxima y Carga en el Límite proporcional Elástico.

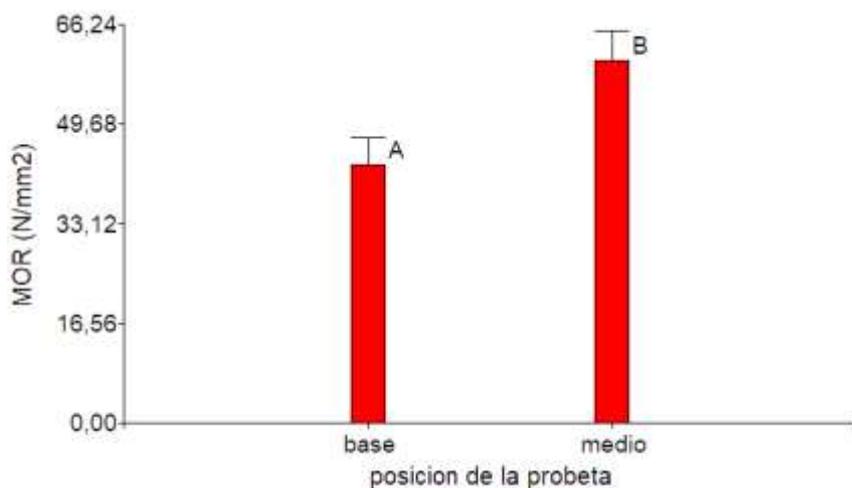


Gráfico 8. Módulo de Rotura a la Flexión (N/mm²)
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

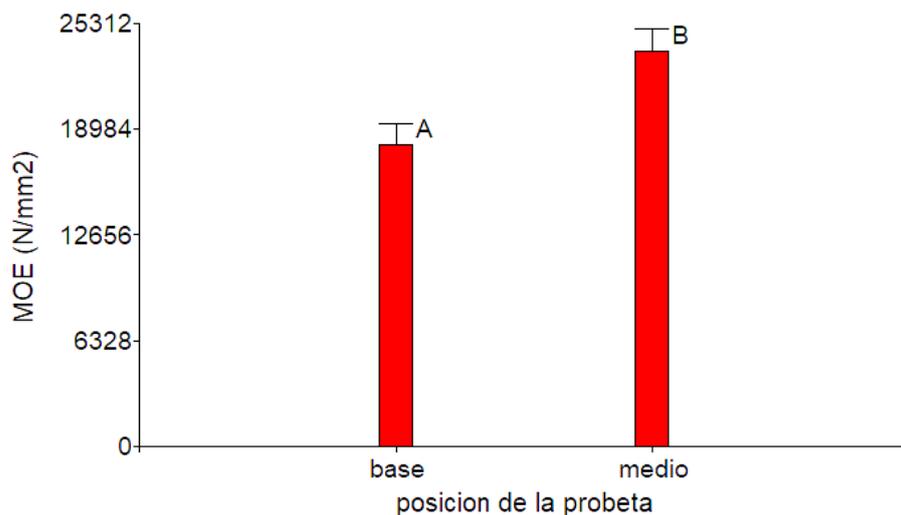


Gráfico 9. Módulo de Elasticidad a la Flexión (N/mm²)
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

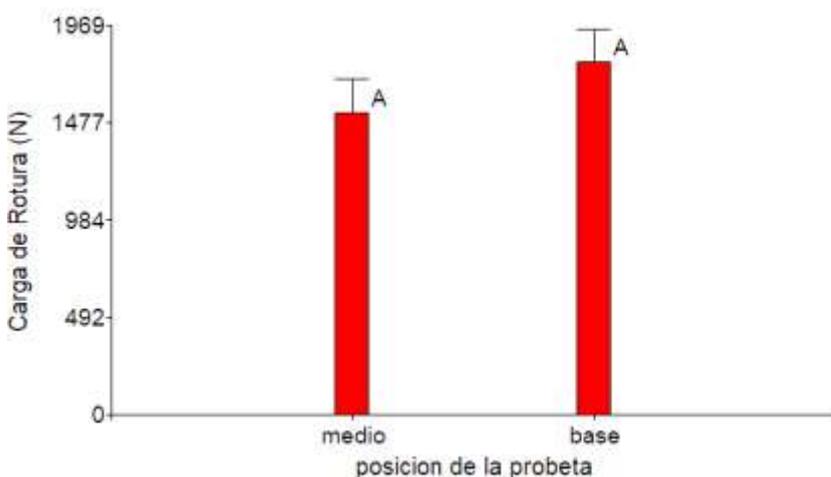


Gráfico 10. Carga de Rotura (N) para la flexión estática
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

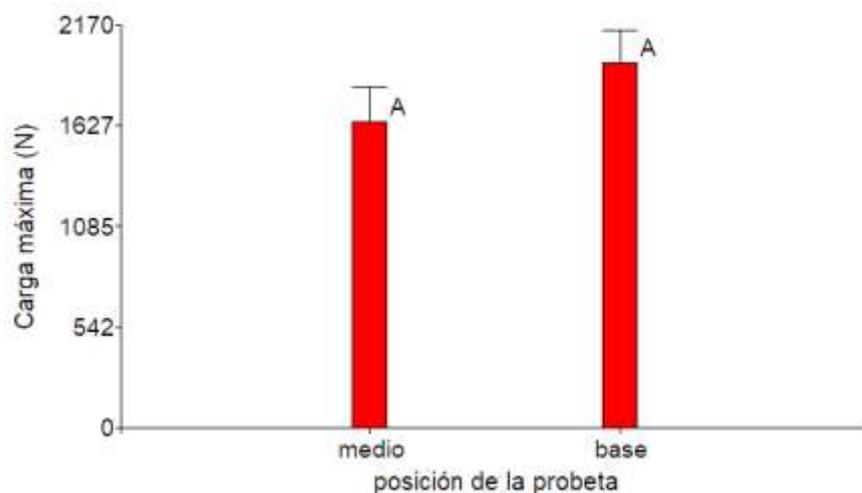


Gráfico 11. Carga Máxima (N) para la flexión estática
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

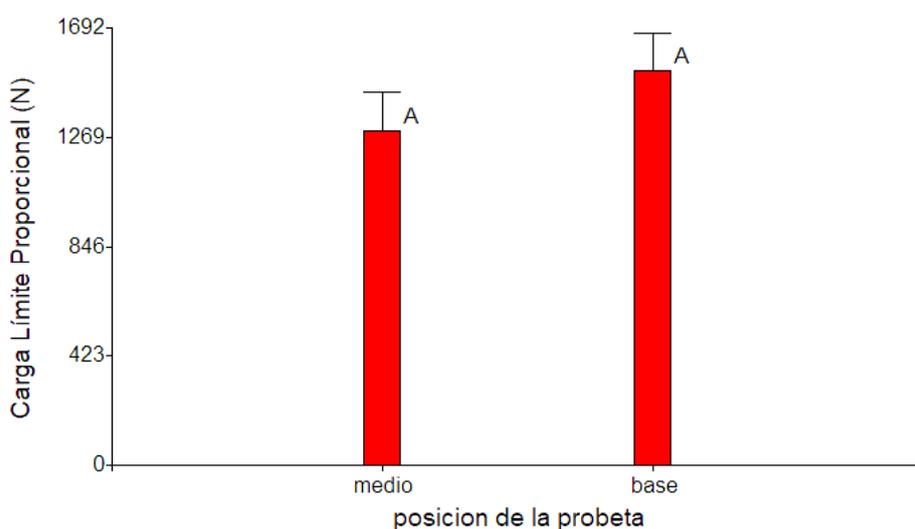


Gráfico 12. Carga en el Límite Proporcional (N)
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 5. Medidas de Resumen para los valores obtenidos de MOE, MOR, Carga de Rotura, Carga Máxima y Carga en el Límite Proporcional para los ensayos de Flexión Estática

posición de la probeta	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
base	MOR (N/mm ²)	10	42,83	13,66	4,32	31,89	27,4	74,6
	MOE (N/mm ²)	10	18060,07	4346,14	1374,37	24,06	12075,34	25943,71
	Carga de Rotura (N)	10	1781,72	536,53	169,67	30,11	1136	2935,88
	Carga máxima (N)	10	1968,57	578,74	183,02	29,4	1261	3191,17
	Carga en el Límite Proporcional (N)	10	1528,96	470,28	148,72	30,76	937,11	2465,76
medio	MOR (N/mm ²)	9	60,28	15,48	5,16	25,68	43,5	89,2



PLAN ESTRATÉGICO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 2018 - 2022

MOE (N/mm ²)	9	23621,2	3656,82	1218,94	15,48	15666,62	27565,22
Carga de Rotura (N)	9	1524,84	511,04	170,35	33,51	859,28	2574,73
Carga máxima (N)	9	1651,8	534,8	178,27	32,38	915,32	2680,58
Carga en el Límite Proporcional (N)	9	1292,73	439,86	146,62	34,03	884,19	2275,85

- Establecimiento de una correlación entre los módulos de rotura, elasticidad y densidad.

Para establecer una correlación estadísticamente significativa se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, entre las variables MOR, MOE Y PEA tanto para flexión como para la compresión obteniendo así los resultados expuestos en las tablas 6 y 7, los p-valores en las pruebas realizadas fueron menores al nivel de significancia del 5% resultando así los valores de correlación estadísticamente significativos. Para una mejor interpretación se realizó un diagrama de dispersión representada junto con la regresión lineal que ofrece una idea aproximada sobre relación existente entre las dos variables contrastadas (Gráficos del 13 al 16)

Tabla 6. Coeficientes de correlación de Pearson entre Densidad, MOE y MOR para la compresión

Variable (1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
PEA (g/cm ³)	MOR Compresión (N/mm ²)	32	0,38	0,0334
PEA(g/cm ³)	MOE Compresión (N/mm ²)	32	0,6	0,0003
MOR Compresión (N/mm ²)	MOE Compresión (N/mm ²)	32	-0,29	0,1137

Valores de p-valor > 0.05 no son estadísticamente significativos

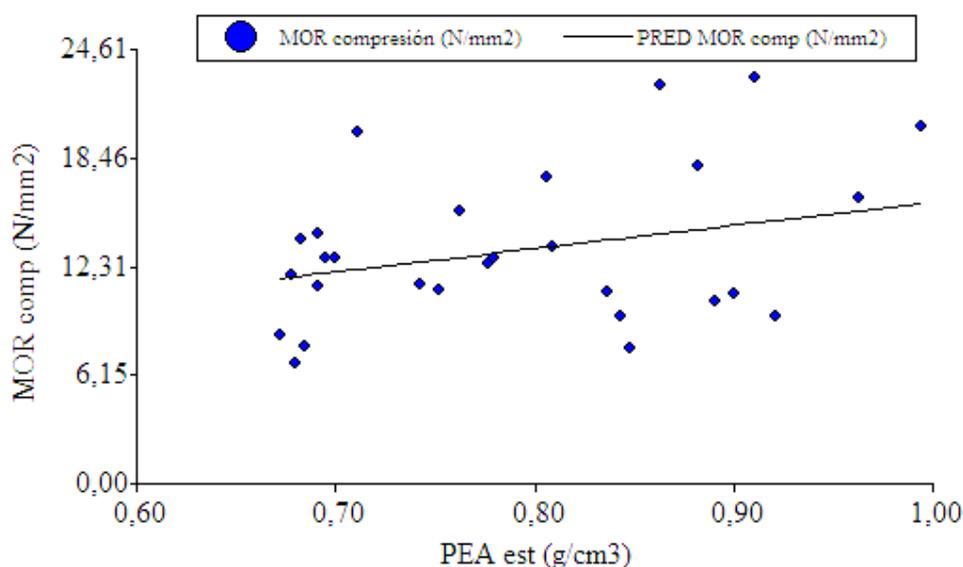


Gráfico 13. Regresión lineal del Módulo de Rotura a la Compresión (N/mm²) en función del Peso Específico Aparente (g/cm³)

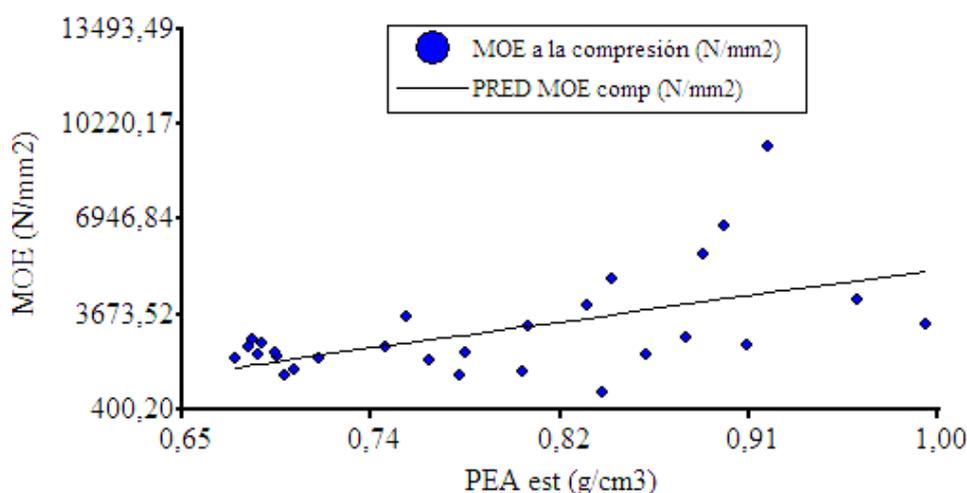


Gráfico 14. Regresión lineal del Módulo de Elasticidad a la compresión (N/mm²) en función del Peso Específico Aparente (g/cm³)

Tabla 7. Coeficientes de correlación de Pearson entre Densidad, MOE y MOR para la flexión

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
PEA Estacionado (g/cm ³)	MOR Flexión (N/mm ²)	13	0,84	0,0004
PEA Estacionado (g/cm ³)	MOE Flexión (N/mm ²)	13	0,68	0,01
MOR Flexión (N/mm ²)	MOE Flexión (N/mm ²)	13	0,88	0,0001

Valores de p-valor > 0.05 no son estadísticamente significativos

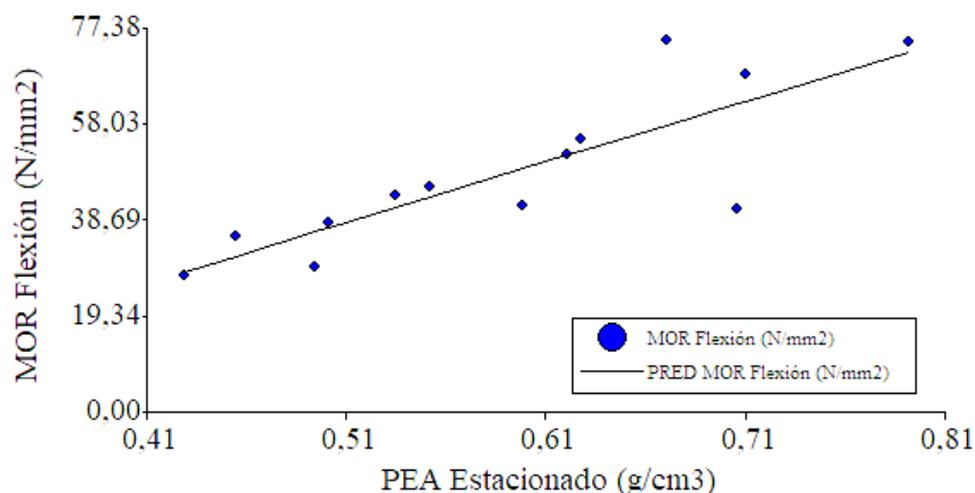


Gráfico 15. Regresión lineal del Módulo de Rotura a la flexión (N/mm²) en función del Peso Específico Aparente (g/cm³)

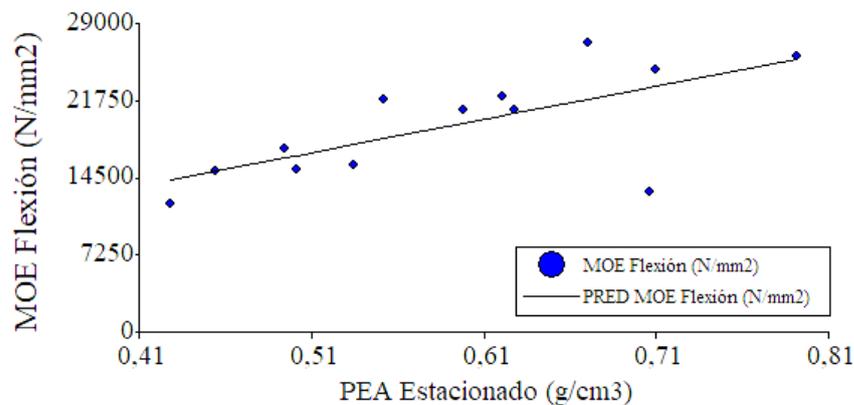


Gráfico 16. Regresión lineal del Módulo de Elasticidad a la flexión (N/mm²) en función del Peso Específico Aparente (g/cm³)

4) Aportes al campo de conocimiento (hallazgos, hipótesis confirmadas o refutadas, etc.)

La hipótesis del plan de trabajo “*La especie a estudiar presenta propiedades tecnológicas aptas para mobiliarios y productos para la construcción.*” fue confirmada. Si bien no presenta buenas aptitudes para uso estructural por sus bajos valores de MOR y MOE a la compresión, se podría aplicar a revestimientos para interior, mueblería, estanterías, detalles estéticos entre otros.

5) Métodos y técnicas empleados

A los efectos de obtener los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de la especie *Phyllostachys aurea* Riviere & Riviere se procedió de la siguiente manera:

- Revisión bibliográfica ampliada
- Corte y estabilización de los culmos del bambú según las normas técnicas
- Marcación de las probetas y corte de las probetas según las normas técnicas
- Determinación de las propiedades físicas según lo establece la NORMA ISO 22157-1:2004
- Determinación de las propiedades mecánicas según NORMA ISO 22157-1:2004
- Análisis estadístico de los datos
- Elaboración de informe.
- Presentación del informe final

Los estudios de las propiedades físicas se realizaron utilizando instrumentos de precisión, como ser: balanza de precisión (0,02g), calibre, estufa.

Los ensayos mecánicos se realizaron con una máquina universal de ensayos electromecánica, con capacidad de 300 kN y precisión de 3 kN. La misma cuenta con accesorios para los distintos ensayos.



Luego del levantamiento de la información obtenidos de los ensayos físicos-mecánicos, y el arreglo sistemático de dicha información, se procedió a el análisis de los datos obtenidos, empleando el software estadístico Infostat, a través del cálculo de medidas descriptivas de posición y variabilidad, correlación y posteriormente a través de comparación con datos bibliográficos verificar si los resultados observados responden a los valores requeridos para ciertos usos

6) Bibliografía consultada

ALONSO SCHWARZ G., BURG C., CUEVAS J. 2015. “Documento de investigación: Impacto de los Bosques de Cultivo. Importancia Socioeconómica y efecto multiplicador” Año 34 - Edición N.º 60. Pág. 1-41

CAIZA GUANOTUÑA N. B., (2020). Phyllostachys aurea en estructuras ligeras. Estudio de caso: cubierta de flexión inactiva para espacio público urbano. Trabajo de graduación para optar al Título de Arquitecta. Facultad de arquitectura y urbanismo. Universidad Central de Ecuador. 88 pág.

DEMONARI, S. M. 2009. “Viverización de Tacuaruzu, *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & Peterson”. Integradora II (trabajo de graduación) de la Facultad de Ciencias Forestales, UNAM.

GONZÁLEZ, G. J. A.; ORTIZ, R. “Características físicas y mecánicas del bambú para el diseño de estructuras y construcciones sustentables”. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. <http://evirtual.uaslp.mx/Habitat/innobitat01/CAHS/SS%20Arq%20Arista>

GUTIÉRREZ GONZÁLEZ M., et. al., (2018). Expansión lineal y punto de saturación de las fibras de la *Guadua angustifolia* kunth. Publicación de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales - Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal. Bogotá-Colombia • Vol. 21 No. 1 • pp. 69-80

LIZARAZU, M. A. 2009. “Bambúes leñosos (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae) del Noreste argentino y regiones limítrofes: estudios taxonómicos, morfológicos, anatómicos y biogeográficos”. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Biblioteca Digital FCEN-UBA.

PEÑA C. M. 2015. “Solución Bambú: Guía para el manejo sustentable del Género Phyllostachys”. - 1a ed. edición especial - Impreso en Argentina. Pág.: 1-31

SOTOMAYOR CASTELLANOS J. R., HERRERA FERREYRA, M. A., CRUZ DE LEÓN J., (2003) Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Morelia, Michoacán, México Disponible en: <https://www.fao.org/3/xii/1054-b4.htm>

SPAVENTO, E., KEIL, G., & MONTEOLIVA, S. (2008). Propiedades mecánicas de la madera. Curso de Xilotecnología. Universidad Nacional de La Plata. 26 pág.



PLAN ESTRATÉGICO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 2018 - 2022

SUIREZS, T. M., BERGER G. (2009). Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. EdUNaM - Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones, Posadas, Misiones. 58 pág.

7) Resultados obtenidos (trabajos publicados, en prensa, presentaciones a reuniones científicas, etc.).

Los avances de mi trabajo no fueron publicados o difundidos aún entre la comunidad científica o académica.

8) Obstáculos y dificultades halladas durante el desarrollo del plan de trabajo

Los mayores obstáculos y dificultades vinieron principalmente por las restricciones impuestas por causa de la problemática sanitaria de público conocimiento. Las dificultades de poder acceder a los laboratorios que en los primeros meses repercutió en la duración de la realización de los ensayos.

La curvatura de las probetas para los ensayos de tracción generó problemas al momento de realizar las pruebas, ante la dificultad de no poder proceder según Norma se desestimó el cálculo de esa propiedad.

9) Cursos realizados, asistencia a reuniones científicas, talleres, etc.

Durante el transcurso del desarrollo de la beca EVC-CIN 2020-2021 realicé los siguientes cursos:

- Curso online Excel, en calidad de asistente, dictado por la ing. Gladys Neuendorf. APICOFOM.

10) Avance académico durante el período de beca.

Materias regularizadas durante el periodo de la beca:

1. Explotación Forestal
2. Áreas Naturales Protegidas
3. Ordenación De Cuencas Hídricas
4. Sociología Y Extensión Forestal
5. Mejoramiento Forestal
6. Política Y Legislación Forestal

Materias aprobadas durante el periodo de la beca (en mesa de examen final o promoción):

1. Anatomía De La Madera
2. Sociología Y Extensión Forestal
3. Áreas Naturales Protegidas
4. Silvicultura II

Porcentaje de materias aprobadas antes de la beca: 67.34%

Porcentaje de materias aprobadas durante la beca: 8.16%

Porcentaje de materias aprobadas actualmente: 75.51%



Becario

Evaluación del Director y Co-director (validación por sistema)

Evaluación del becario: SATISFACTORIO NO SATISFACTORIO