

Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

INTERACCIONES DEL AMBIENTE TROPICAL
CON LA ESTUFA CONVENCIONAL EN EL
SECADO DE *ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM*
(HUANACAXTLE O PAROTA)

Informe Final de Residencia Profesional que
presenta la C.

CARELY DEL ROSARIO GÓMEZ GUZMÁN

Nº de Control

07870048

Carrera: Ingeniería Forestal

Asesor Interno: M en C. Juan José Hernández Solís

Juan Sarabia, Quintana Roo


Junio 2015

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional de la estudiante de la carrera de Ingeniería Forestal, **Carely del Rosario Gómez Guzmán** ; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por; el asesor interno M en C. Juan José Hernández Solís, el asesor externo el M en C. José Francisco López Toledo y el revisor el Ing. Octavio Loyo Hernández, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado **"INTERACCIONES DEL AMBIENTE TROPICAL CON LA ESTUFA CONVENCIONAL EN EL SECADO DE *ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM* (HUANACAXTLE O PAROTA)"** que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fé de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

ATENTAMENTE


Asesor Interno


M en C. Juan José Hernández Solís

Asesor Externo


M en C. José Francisco López Toledo

Revisor


Ing. Octavio Loyo Hernández

Juan Sarabía, Quintana Roo, Junio, 2015.

ÍNDICE

I. OBJETIVOS	1
1.1 Objetivo general.....	1
1.2 Objetivos específicos	1
II. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA	2
III. INTRODUCCIÓN	3
IV. ANTECEDENTES	5
V. METODOLOGÍA	14
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	18
VII. BIBLIOGRAFÍA	22

I. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

-Validación del programa de secado de *Entorolobium cyclocarpum* (parota), es un estufa de secado convencional y la influencia del medio ambiente durante el proceso.

1.2 Objetivos específicos

-Comparar el comportamiento de las temperaturas externas e internas de la estufa durante el proceso de secado.

-Relacionar la variación de los contenidos de humedad de la fibra y las interacciones del medio ambiente.

- Validar las operaciones de la estufa con relación al secado de la madera.

II. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

El presente trabajo de residencia profesional servirá para la preparación profesional del residente y será una herramienta más para los conocimientos y desarrollo académico también con el proyecto de investigación se genera nuevos conocimientos que contribuirán al enriquecimiento académico de los demás estudiantes de la carrera ingeniera forestal.

Por otro lado con esta educación se pretende beneficiar a diversas empresas forestal, proporcionando la información básica, para que facilite la operación del secado de la estufa y secado del ambiente del *Enterolobium cyclocarpum* y participación en los mercados forestales.

A partir de una residencia profesional, el residente afianzará sus conocimientos básicos para el secado de la madera *Enterolobium cyclocarpum*.

III. INTRODUCCIÓN

La madera que se obtiene a través del aserrío de las trozas, generalmente contienen una gran cantidad de agua que requiere eliminarse antes de que pueda ser procesada para la elaboración de la mayoría de los productos en los que se le utiliza, como muebles, puertas, parquet, lambrim. Los procedimientos para eliminar el exceso de agua en la madera son muy variados, desde los que aprovechan las condiciones secantes del medio ambiente (secado libre), las estufas convencionales, solares, deshumidificadores, de vacío. Hasta los que utilizan micro-ondas u ondas de alta frecuencia. (David Zabala 1999).

Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. Es una especie nativa de México Centroamérica y norte de Sudamérica; también se encuentra en Jamaica, Cuba, Trinidad y Guyana (Espejel y Martínez, 1979). En México, *Enterolobium cyclocarpum* se encuentra ampliamente distribuida en la vertiente del golfo desde el sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán, y en la depresión central de Chiapas; en Vertiente del Pacífico desde Sinaloa, incluyendo la cuenca del Balsas (Manzanilla et al., 2001)

La madera de *Enterolobium cyclocarpum* se considera como preciosa y es muy cotizada en la Costa de Sur (Pacífico) de Guatemala (Buch, 1999). Tiene gran importancia económica y social por ser un árbol de usos múltiples en sistemas agroforestales, proporcionando productos utilizables en forma de bienes y servicios en las regiones rurales (Buch, 1999).

Enterolobium cyclocarpum es una especie arbórea polivalente y culturalmente muy aceptada (Pennig Sarukhàn, 2005, Gómez et al., 2006). Se recomienda su empleo en programas de restauración, enriquecimiento y restauración ecológica (Vázquez et al., 1999). La extensión de plantaciones podría incrementarse, ya que la madera es muy apreciada (Benítez et al., 2004); además, en el mercado no existe una oferta constante de productos derivados de esta especie, como ocurre con el *Pinus sp*, *Cedrela odorata* L. y *Swietenia macrophylla* King.

En la actualidad se desconocen los requerimientos necesarios para la producción de *Enterolobium cyclocarpum*; tal desconocimiento provoca que se empleen insumos inadecuados la cual ocasiona que los costos sean elevados. Por ello, es necesario generar información para la producción de la planta de calidad, con ello se podría bajar el costo y tiempo de producción de planta en vivero; además de lograr mayor supervivencia y desarrollo de las plantas en campo. La cual beneficia a todos los productores que pretenden utilizar dicha especie.

IV. ANTECEDENTES

4.1 Descripción de la especie

4.1.1 Nombre científico

Enterolobium cyclocarpum (Jacq). Griseb.

El nombre científico proviene del Griego Enteron “intestino y lobium a la forma y apariencia semicircular de la vaina (Allen y Allen, citado en Serratos 200) de acuerdo a Lewis et al (2005).

4.1.2 Taxonomía

Reino: Plantea.

División: Magnoliophyta .

Clase: Magnoliopsida.

Orden: Fabales.

Familia: Mimosaceae.

Género: *Enterolobium*.

4.2.1 Usos

La parota es una especie maderable, se usa en artesanías, juguetes y artículos torneados; los troncos grandes generalmente son usados para fabricar canoas y bebederos de agua.

4.2. Ecología y distribución

En el país se distribuyen en vertiente del golfo, desde el sur de Tamaulipas hasta las Península de Yucatán y en la depresión de Chiapas; en la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa hasta Chispas, incluyendo la Cuenca del Balsas (Pennington y Sarukhàn, 2000). Se lo caliza desde el nivel del mar hasta 1200 m (Benítez et al., 2004) con temperaturas de 20.3 a 26.9 °C, precipitaciones mínimas de 860.9 mm anuales; se establece sobre distintos tipos de suelo como Cambisol, Feozem, Fluvisol, Latisol, Luvisol, Regonazol, Redzina y Vertisol (Gómez et al., 2006); también se desarrolla en suelo con problemas de captación de agua, zonas bajas y calientes (Gutiérrez y Dorantes, 2006); asimismo, se establecen en áreas perturbadas de selvas altas y medias subperennifolias (Torres, 2004; Pennington y Sarukhàn, 2005), en sitios bajos de selva baja caducifolia y subcaducifolia (Rocha y Aguilar, 20019. En la Costa de Oaxaca, se ha reportado en la selva alta perennifolia de Lagunas de Chacahua y La Pastoría (Flores y Manzanero, 1999), en zona superiores a 500 m de selva media subcaducifolia en distrito de Pochutla (Rodarte, 1997), en la selva baja caducifolia de Bahías de Huatulco (Castillo et al., 1997; Salas et al., 2007) y Zimatán (Salas et al., 2003).

4.3 Nombres comunes

Dependiendo de su área de distribución, *Enterolobium cyclocarpum* es conocido comúnmente como aguscale, cascabel, cascabel sonaja, conacaste, guanacaste, guanacastle, huanacaxtle, nacaste, coracora, parota, piche, sonaja, tiyuhu, tutaján, yachibe (Martínez, 1966; Rzedowski, 1986, 1986; Rzedowski y McVaugh, 1966).

4.4 Descripción botánica

Forma *Enterolobium cyclocarpum*, árbol de hasta 50 m de altura y diámetro normal hasta de 3 m, con el tronco derecho y a veces con pequeños contrafuertes en la base, ramas ascendentes y copa hemisférica, a veces más ancha que alta (Manzanilla e Al., 2001; Pennington y Sarukhàn, 2005).



Figura 1. Forma del El *Enterolobium cyclocarpum* (Parota) que mide hasta 50 mm de altura

4.4.1 Corteza

La corteza externa es lisa a granulosa y a veces ligeramente fisurada, de color gris claro a parduzco, con abundantes lenticelas alargadas, suberificadas, dispuestas en hileras longitudinales, con un grosor de 0.5 a 1 cm. La corteza interna es de color crema rosado, granulosa, con exudado pegajoso y dulzón que se coagula al contacto con el aire; el grosor total de la corteza es de 2 a 3 cm (Castro, 1997).



Figura 2. Árbol de El *Enterolobium cyclocarpum* su corteza color gris claro a parduzco.

4.4.2 Hojas

Las hojas son compuestas, bipinnadas, alternas, dispuestas en espiral, con 4 a 15 pares de pinnas y cada pinna con 15 a 30 pares de hojuelas o foliolos lineales de 8 a 15 mm de largo, ápice agudo, de color verde brillante, glabras, envés verde pálido y haz verde oscuro. Presentan de 15 a 40 cm de largo incluyendo el pecíolo, cada foliolo compuesto por 15 a 35 de foliolos secundarios sésiles de 10 x 3 a 16 x 4 mm, linear-lanceolados, asimétricos, con el margen entero, ápice agudo mucronado, base truncada o asimétrica; generalmente el último par de foliolos secundarios angulados; verde brillante y glabros en el haz y verde grisáceos y pubescentes en las hojas nuevas en el envés, glándulas presentes a la mitad del pecíolo y entre algunos pares de foliolos, raquis primario y secundario pubescentes, los últimos acanalados en el haz (Huerta, 1983).



Figura 3. Hojas *Enterolobium cyclocarpum* (Parota) verde brillante

4.4.3 Flores

Las flores se presentan en cabezuelas pedunculadas axilares, de 1.5 a 2 cm de diámetro, sobre pedúnculos de 1.5 a 3.5 cm de largo, son actinomorfas, el cáliz es verde, tubular; cáliz de 2.5 mm de largo, densamente pubescente, la corola es tubular de color verde claro con cinco lóbulos, valvados y lanceolados, de 5 a 6 mm de largo; estambres numerosos, glabros, unidos en un tubo en la mitad inferior, filamentos blancos, anteras verdes, ovario súpero, alargado, unilocular y multiovula.

Las flores son pequeñas, sésiles de color blancuzco a verde claro, colocadas en cabezuelas axilares de 1.5 a 2 cm de diámetro sobre pedúnculos escasamente pubescentes de 1.5 a 3.5 cm de largo. Flores actinométricas; cáliz verde de 2.5 a 3 mm de largo, tubular con 5 a 6 dientes ovados muy pequeños, poco pubescentes en la superficie exterior, corola verde de 5 a 6 mm de largo, tubular, expandida en la parte superior de 5 lóbulos valvados, laucolados, agudos, ciliolados, estambres numerosos, de 1 a 12 cm de largo, glabros, unidos en la mitad inferior en el tubo que iguala en largo a la corola; filamentos blancos, anteras verdes; ovario (Padilla, 1996).



Figura 4 Las flores del *Enterolobium cyclocarpum* (Parota) son pequeñas, sésiles de color blancuzco a verde claro)

4.4.4 Frutos

El fruto es una vaina circular indehisciente, de 7 a 15 cm de diámetro, aplanada y enroscada, leñosa, de color café claro a oscuro, brillante, de olor y sabor dulce. Contiene de 5 a 20 semillas que son de forma ovoide y aplanadas, de 2.3 x 1.5 cm y brillantes con una línea pálida con la forma del contorno de la misma, rodeada por una pulpa esponjosa y fibrosa de olor y sabor dulce. Presentan una testa extremadamente dura que impide la germinación hasta que una modificación estructural permita la hidratación del embrión. En Nicaragua se encontró que las semillas recolectadas de

132 árboles tenían un largo de 9.8 a 19.8 mm, un ancho de 5.8 a 15.4 mm y un grosor de 2.5 a 12.2 mm (Pennington y Sarukhán, 1998).



Figura 4. El *Enterolobium cyclocarpum* (Parota) Es una vaina circular indehisciente, de 7 a 15 cm de diámetro, aplanada y enroscada, leñosa, de color café claro a oscuro, brillante, de olor y sabor dulce.

4.4.5 Semilla

Las semillas son grandes, ovoides y aplanas, miden de 15 a 25 mm de largo (Parente, 1997), con un ancho que va ocho a 15 mm (Manzanilla et al., 2000; Niembro et al., 2004) y su grosor va de cinco a ocho mm (Niembro et al., 2004), morenas brillantes con una línea pálida con la forma del contorno de la semilla, rodeadas por una pulpa esponjosa y fibrosa de olor sabor dulce. Presentan una testa extremadamente dura que impide la germinación hasta que una modificación estructural permita la hidratación del embrión (Manzanilla et al., 2001).



Figura 5. Las semillas del *Enterolobium cyclocarpum* (Parota) son grandes, ovoides y aplanas, miden de 15 a 25 mm de largo

4.5 Fenología

Los árboles de esta especie mantienen sus hojas casi todo el año, pero pierdan las hojas cuando fructifican, de febrero a abril (Manzanilla et al., 2001; Pennington y Sarukhàn, 2005).

4.6 Propiedades físicas- mecánicas de la madera

La madera de *Enterolobium cyclocarpum* se seca muy fácil y rápidamente al aire libre, con una ligera tendencia a agrietarse y a combarse, es dura y moderadamente durable, con una gran estabilidad dimensional que perdura a través del tiempo, dentro del agua su durabilidad es muy alta. El duramen de la madera tiene un peso específico de 0.6, de color marrón a marrón rojizo con vetas jaspeadas oscuras y un matiz verdoso, también puede tener un tinte rojizo, es muy resistente al ataque de enfermedades fungosas y termitas de la madera seca. El color de la albura es casi blanco. El grano es típicamente entrelazado, la textura es áspera y la madera es lustrosa (Manzanilla et al., 2001).

La densidad de la madera al 15% de humedad es de 0.35 a 0.60, es fácil de trabajar porque es medianamente dura, elástica y fuerte para su peso específico que es de 463 kg/m³, este es aparentemente variable ya que se han registrado valores de 340 a 600 kg/m³.

En cuanto a la trabajabilidad de la madera, es de baja resistencia al aserrío y produce de un ligero a moderado efecto de desafilado sobre las sierras. Se cepilla fácilmente y responde bien al empleo de maquinaria para lograr superficies lisas, pero, son comunes algunos defectos tales como el grano astillado y en relieve debido a la tensión de la madera. Se pueden producir superficies ásperas durante el moldurado. Tiene buenas propiedades al clavado sin necesidad de taladrarse previamente y su respuesta a la aplicación de lustres es en general buena. El aserrín es penetrante muy picante y puede causar irritación de la mucosa y alergia en algunas personas (Manzanilla et al., 2001

La madera es usada para obtener tablas y vigas para construcciones rurales, elaboración de utensilios de cocina, bateas y ruedas de carreta. Industrialmente se usa en la fabricación de duelas y lambrines, en la fabricación de chapa para vistas en madera terciada. Se emplea también en implementos agrícolas, como el centro de mangos y culatas, carretas, carpintería y ebanistería, en la producción de tableros, chapa, decorativa, muebles finos, construcción de interiores, cocinas integrales, salas, molinos, molduras, closet, cancelas, plafones, como aislante térmico, salvavidas, boyas, muebles infantiles, pirograbados y triplay.

Las semillas tostadas o cocidas como una legumbre y molidas y mezcladas con harina son comestibles, se reporta que las semillas descascaradas contienen un 35% proteína. La pulpa del fruto se usa en Guatemala como sustituto del jabón, sobre todo en el lavado de ropa. Asimismo, de la pulpa de las vainas maduras se obtiene saponina y la almendra tostada se utiliza en lugar de café.

La corteza se usa en infusiones o en vainas para curar el salpullido; es depurativa. La goma que exuda el tronco (goma de caroll) es empleada como sustituto para la goma arábica, como remedio para la bronquitis y el resfriado. Los frutos verdes son astringentes y se utilizan en casos de diarrea (Espejel y Martínez, 1979).

4.7 Ventajas de la madera seca:

Cuando la madera es sometida a procesos de secado correctos se obtienen ventajas como:

1. Pérdida de peso: al disminuir el contenido de humedad, la madera pierde peso, beneficiando costos de transporte y manipulación del material.
2. Resistencia mecánica: la madera seca es aproximadamente 33% más resistente que la madera en condición verde.
3. Resistencia al biodeterioro: niveles de humedad por debajo del 20%, evitarán que la madera correctamente seca, sea atacada por hongos pudridores e insectos que atacan la madera verde.
4. Tratamientos de preservación: mejor impregnación de preservantes no hidrosolubles, los métodos de preservación a presión tienen mejor rendimiento.
5. Adhesivos: la madera seca tendrá mejor comportamiento a la adhesión, produciendo líneas de cola más estables y resistentes.
6. Acabados: mayor capacidad de aceptar y retener en buen estado los diferentes tipos de acabados.
7. Trabajabilidad: la madera en condición seca se volverá más “noble” para trabajar, menos propensa a producir grano velloso, grano arrancado y su pulido o lijado es de mejor calidad. Aislamiento térmico: los espacios vacíos de la estructura celular de la madera ya no serán ocupados por agua, sino más bien por aire, éste es un mal conductor del calor, por lo tanto madera seca puede ser un material apto para utilizarlo como aislante de la temperatura.
8. Aislante eléctrico: conforme la madera pierde humedad, su resistencia al paso de la corriente eléctrica aumenta, pudiendo utilizarse como material con características aislantes eléctricas.

V. METODOLOGÍA

5.1 Macrolocalización del proyecto

El presente proyecto será realizado en el Estado de Quintana Roo que se localiza en el Municipio de Othón P. Blanco cuenta con una extensión territorial de 19,011.28 km² que representan prácticamente el 37.9% del territorio estatal, lo que lo ubica como el quinto municipio más grande del País. Al norte colinda con el municipio de Bacalar; al oeste con el municipio de Calakmul decretada como municipio por el Estado de Campeche y cuya jurisdicción de propiedad se encuentra desde 1996, en litigio entre los estados de Q. Roo y Campeche, por conflicto de límites territoriales; al Sur colinda con los distritos de Corozal y Orange Walk, ambos del país de Belice; y en el extremo Suroeste hace colindancia con una pequeña porción del Petén del país de Guatemala; al Este mira de frente a la Bahía de Chetumal y al inigualable Mar Caribe.

5.2 Microlocalización del proyecto

5.2.1 Huay-Pix

Se ubica en el municipio Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo en las coordenadas geográficas latitud 18.517778 y longitud -88.426111 a una mediana altura de 10 metros sobre el nivel del mar (msnm).

5.2.2 Instituto Tecnológico de la Zona Maya (ITZM)

El Instituto Tecnológico de la Zona Maya (ITZM) antes llamado Instituto Tecnológico Agropecuario No. 16 (ITA), se encuentra ubicado en el Ejido Juan Sarabia, en el Municipio de Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo, México.

5.3 Se obtuvieron materiales para obtención de datos del secado de la madera *Enterolobium cyclocarpum* (parota) que son los siguientes:

5.3.1 Higrómetro de estación meteorológica

Higrómetro determina la humedad relativa y la temperatura ambiental. A través de la conexión para termoelementos tipo K tiene la posibilidad de detectar, por ejemplo, la temperatura de una pared con una sonda superficial. La memoria interna del higrómetro a través de la tarjeta SD (1 a 16 GB) le permite registrar los valores de humedad y temperatura, con un libre ajuste de la cuota de medición, sea para mediciones en tiempo real o para almacenamiento de datos. Para ello puede programar previamente el higrómetro mediante el teclado, y a continuación dejar el equipo registrando los valores (sin tener que estar presente durante ese tiempo).

5.3.2 Anemómetro

El anemómetro climático móvil indica valores de medición individuales, valor mínimo, valor máximo y valor medio. Los valores de medición pueden ser igualmente representados gráficamente.

En la memoria interna del anemómetro climático de bolsillo se pueden guardar hasta 250 valores de medición (con fecha y hora). Los distintos intervalos de tiempo se pueden programar libremente.

5.3.3 Estufa de secado

El proceso de eliminación del agua en exceso del material recién cortado, que se aplica con el propósito de optimizar su posterior procesamiento y transporte para usos específicos.

5.3.4 Termómetros bulbo seco y bulbo húmedo

Es la temperatura determinada con un termómetro (llamado de bulbo húmedo) que tiene el bulbo cubierto con una gasa empapada en agua. Haciendo pasar el aire, siempre que no esté saturado, a una velocidad suficientemente elevada, se nota un descenso de la temperatura respecto a la indicada en un termómetro normal (de bulbo seco) y que es producida por la evaporación del agua.

5.3.5 Xilómetro

Es determinar el volumen de su troco habitualmente el fuste, basan su precisión en dividir el troco en trozo.

5.3.6 Higrómetro

Es un medidor de humedad electrónico para diferentes tipos de madera así como materiales blandos de construcción y aislamiento. Las puntas de medición penetran en cada material a medir, y así este medidor de humedad electrónico Hydromette BL Compact permite el registro de la humedad en madera cortada, paneles de aglomerado, chapados y materiales de fibras de madera (hasta máx. 25 mm de espesor), así como en enlucidos de yeso y mezclados. Después de las mediciones, los valores mínimos y máximos de cada material pueden ser consultados en la memoria.

5.4 Se tomaron los siguientes datos para el secado de la madera *Enterolobium cyclocarpum* son los siguientes:

1. se obtuvieron las piezas de madera de (medida) de Huanacastle (*Enterolobium cyclocarpum*) en el aserradero de Huay-Pix, Quintana Roo, tomando como referencia la plantilla de aserrío "Plain Sawn" o al Volteo.
2. Una vez obtenidas las piezas de madera, se procedió al almacenamiento en tongas para un posible oreo o pérdida de humedad de la misma fibra para posteriormente entrará a la estufa de secado.

3. Se elaboraron dos formatos para la obtención de datos de los factores ambientales y los factores de la estufa de secado.
4. Se aplicó la siguiente secuela de secado, para acondicionar la madera de Guanacastle hasta un 10% de C.H.
5. Se tomaron datos del secado bajo el siguiente formato, durante 45 días, que comprende del 4 de marzo al 9 de septiembre de 2014.
6. A la par, en la estación meteorológica km...25 carretera Chetumal-bacalar, cp. 77900, roo se tomaron los datos ambientales mientras que en la estufa se tomaban las lecturas internas de los factores controlados.

5.5 El formato utilizado para la obtención de datos de la estación meteorológica Bacalar es el siguiente:

1. Fecha
2. Precipitación
3. Temperatura máxima
4. Temperatura mínima
5. Velocidad media
6. Visibilidad Vertical, indicada sólo por mucha neblina o precipitaciones

Una vez, acondicionada la madera, se dejaron de tomar los datos de ambas partes se procedió al análisis de datos para obtención de resultados.

Los datos fueron analizados a través de gráficas de barras, para observar la variación en primera instancia por separado cada uno. Posteriormente, se realizó una fusión de datos donde se comparó:

Con el sacado de la estufa con la estación meteorológica que son los siguientes:

1. Temperatura de bulbo seco
2. Temperatura de bulbo seco
3. Temperatura media
4. Humedad relativa

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se indican a continuación algunos aspectos relacionados con la madera, dentro de los cuales el secado puede intervenir.

- **Peso de la madera:** al realizar el secado de la madera, se elimina gran parte de su humedad y por lo tanto se reduce su peso. Esta reducción, en términos generales, varía desde un 25 hasta un 50% con respecto a su peso inicial. Esto permite una considerable economía por concepto de transporte de madera y mayor facilidad en el manipuleo, en el caso de erección de edificaciones y estructuras.

- **Estabilidad dimensional:** siempre y cuando se seque la madera a un contenido de humedad igual o muy próximo al que obtendría en servicio (contenido de humedad de equilibrio), esta no sufrirá cambios apreciables en su forma y dimensiones.

- **Resistencia mecánica:** a medida que la humedad de la madera es removida, sus propiedades mecánicas permanecen prácticamente constantes hasta tanto el agua libre haya sido eliminada.

Bajo este punto (Punto de Saturación de las Fibras) la resistencia mecánica de la madera aumenta progresiva y significativamente. La madera con un contenido de humedad del 10% o menor, se volverá aproximadamente un 33% más resistente que la madera verde.

- **Pudrición y mancha:** si la madera se somete a un proceso de secado eficiente y es mantenida a un contenido de humedad en servicio menor del 20%, no sufrirá degradación por hongos. Además, algunos insectos que atacan madera verde no deteriorarán la madera correctamente seca.

- **Tratamientos de preservación:** la madera seca se impregna mejor cuando se utilizan sustancias perseverantes no hidrosolubles o cuando se emplean métodos de tratamiento de alta presión.

- **Adhesivos:** la madera que ha sido secada correctamente obtendrá una mejora considerable en sus propiedades adherentes y se desarrollarán líneas de cola más estables y de mayor resistencia.

- **Acabados:** la madera seca tendrá una mayor capacidad de aceptar y retener en buen estado pinturas, barnices, lacas o cualquier tipo de recubrimiento superficial.

- **Trabajabilidad:** la madera con bajo contenido de humedad presenta mejores características de trabajabilidad que la madera verde. Por lo tanto, puede ser procesada (aserrada, cepillada, moldurada, lijada, etc.) de manera más fácil y eficiente y así obtener productos mejor terminados.

- **Aislamiento térmico:** los espacios celulares e intercelulares (volumen hueco) en la madera seca están ocupados por aire, lo cual hace que la transmisión del calor a través de ella sea baja.

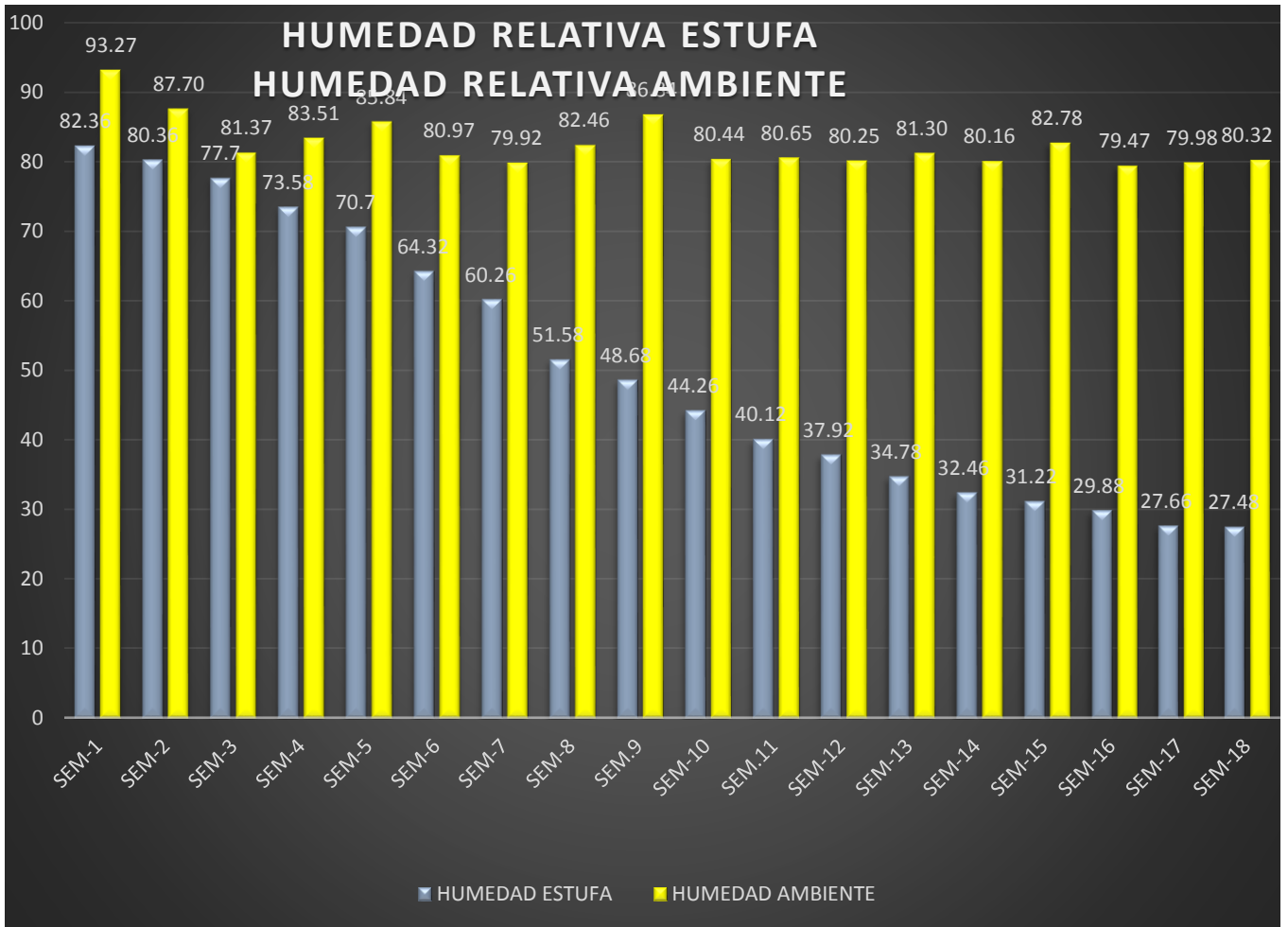
Esto permite utilizar la madera como material aislante de la temperatura.

- **Aislamiento eléctrico:** conforme la madera posea un menor contenido de humedad, su resistencia al paso de una corriente eléctrica aumentará considerablemente, permitiendo emplear la madera como aislante de la electricidad.

Es por lo tanto vital tener un control sobre el contenido de humedad de la madera, saber cómo determinarlo, comprender sus efectos y aprender cómo prevenir las dificultades generadas por el movimiento de humedad.

El secado de la estufa con el secado de la estación meteorológica se realizó unas gráficas para comparar cual es más rápida y segura en su proceso de secado, se obtuvieron los resultados de la evaluación del comportamiento de la secuela de secado en la estufa y la interacción de los factores ambientales a continuación son las siguientes:

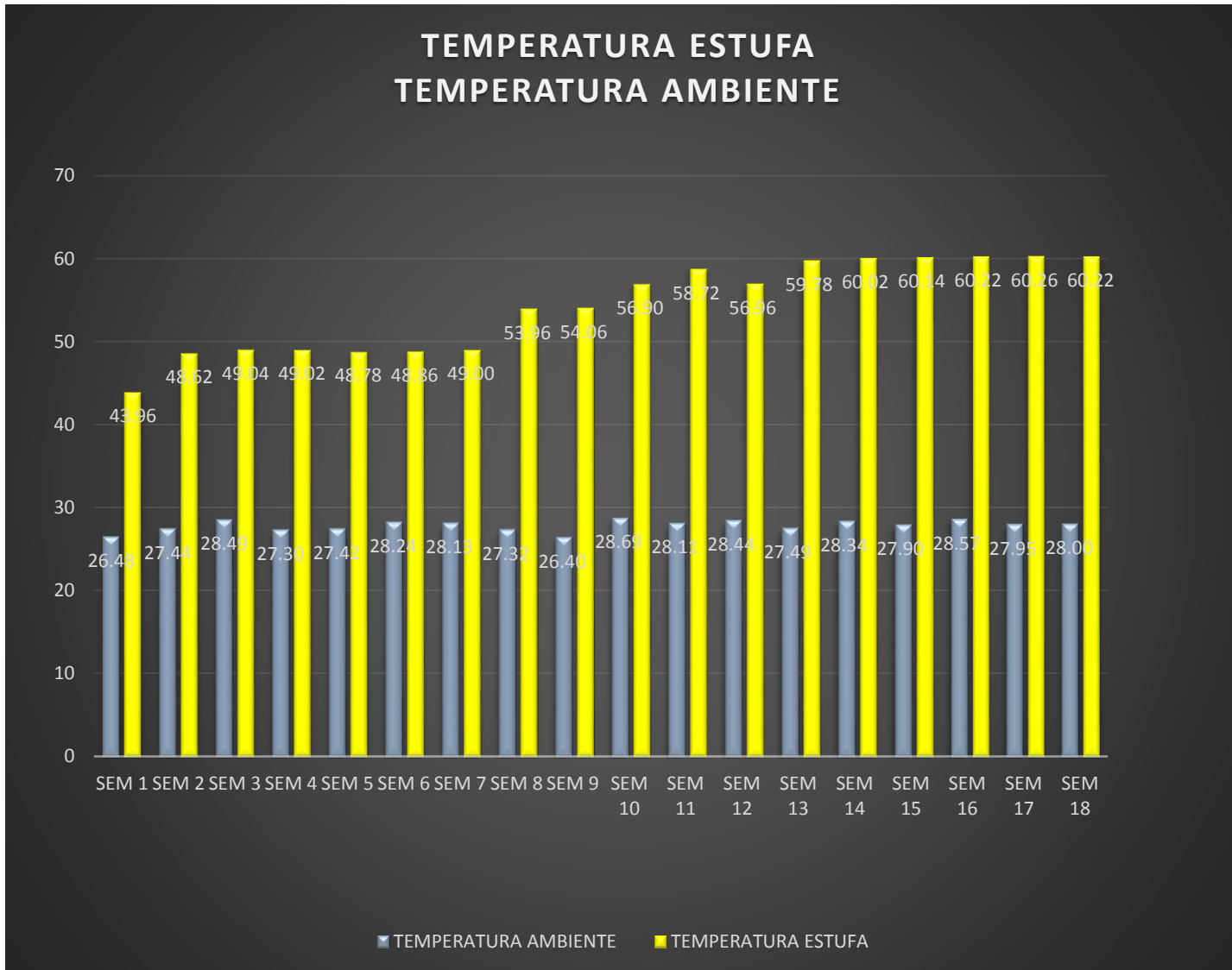
SEM-1	SEM-2	SEM-3	SEM-4	SEM-5	SEM-6	SEM-7	SEM-8	SEM-9	SEM-10	SEM-11	SEM-12	SEM-13	SEM-14	SEM-15	SEM-16	SEM-17	SEM-18
82.36	80.36	77.7	73.58	70.7	64.32	60.26	51.58	48.68	44.26	40.12	37.92	34.78	32.46	31.22	29.88	27.66	27.48
93.27	87.70	81.37	83.51	85.84	80.97	79.92	82.46	86.84	80.44	80.65	80.25	81.30	80.16	82.78	79.47	79.98	80.32



Cuadro 1. Se comparó que la humedad ambiente fue más rápido su proceso de secado, que estufa fue más lento.

Se obtuvieron resultados donde se realizó una gráfica para comparar que temperatura es más rápida si el de ambiente o de estufa para su proceso de secado y son los siguientes:

SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18
26.48	27.44	28.49	27.30	27.42	28.24	28.13	27.32	26.40	28.69	28.11	28.44	27.49	28.34	27.90	28.57	27.95	28.00
43.96	48.62	49.04	49.02	48.78	48.86	49.00	53.96	54.06	56.90	58.72	56.96	59.78	60.02	60.14	60.22	60.26	60.22



Cuadro 2. Se demostró que la temperatura de la estufa es más efectiva su secado ya que no toma mucha tiempo para el secado de la estufa y más confiable. En la estación meteorológica es más lento su secado al aire libre.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Ahn, J.H., B.M. Robertson, R. Elliott, R.C. Gutteridge and C.W. Ford. 1989.

Bertsch C.S 1985. Germinación y crecimiento del Guanacaste *Enterolobium Cyclocarpum* (Jacq.) Griseb en vivero y en el campo. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Facultad de ciencias. Escuela de Biología. San José, Costa Rica. 68 p.

Francis, J.K. 1988. *Enterolobium Cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Guanacaste, earpodtre-SO-ITF-SM-15 Department of Agriculture, Forest Service, souther Forest Experimente Station. New Orleans, L.A, USA. 4P.

Fuentes L., M. E. y J. Quintanar O. 2002. Secado de la madera. In: Quintanar O., J. 2002. Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. INIFAP-CIRCE. C. E. San Martinito. Tlhuapan, Puebla. México. Libro Técnico No. 2. 195 p.

Gómez I., E y M. Ramírez M. 2006. Análisis y estudio del contenido de humedad final de la madera. *Revista Ingeniería Industrial*. 5(1): 23-30.

TORRES, C. El 95% de la contaminación de Temuco corresponde a emisiones más dañinas [en línea] *Diario Austral de Temuco*, 2 de febrero de 2009. Disponible en: [Última visita: abril 2012]

PADT- REFORT/JUNAC, 1984. Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.