El Colegio de la Frontera Sur

Germinación, crecimiento y densidad de la madera en dos variedades de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. de la Selva Lacandona, Chiapas

Tesis

presentada como requisito parcial para optar al grado de

Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

Con orientación en Manejo y Conservación de los Recursos Naturales

Por

BIOL. KARINA ANTONIA TOLEDO GONZALEZ

2016

Agradecimientos

Agradezco a El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por permitirme cursar la Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado para seguir con mis estudios de posgrado.

A mi director de tesis el Dr. Samuel Israel Levy Tacher, que con su gran experiencia me ha orientado, apoyado y corregido en mi formación científica con mucho interés, además de brindarme el tiempo necesario para fortalecer mis debilidades desde el momento que me registré como aspirante a la maestría.

A mis asesores de tesis, los doctores: Arturo de Nova y Pedro Macario, por apoyarme, orientarme, y fortalecer mis debilidades con la finalidad de lograr una buena investigación que permita contribuir al conocimiento de la comunidad científica y para generar información útil para los habitantes de la Selva Lacandona.

A mis sinodales, las doctoras: Susana Ochoa, Lorena Ruíz y Suria Vásquez, por sus observaciones minuciosas y por las valiosas contribuciones para mejorar mi trabajo de tesis.

A los habitantes de la comunidad de la Selva Lacandona por permitirme realizar la colecta de ejemplares de *O. pyramidale* y por la transmisión de conocimientos acerca de dicha especie.

Al Jardín Botánico "Dr. Faustino Miranda" de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN) por el espacio otorgado en el Laboratorio de Germoplasma y área de vivero. Especialmente, al Biol. Emerit Meléndez López, Ing.

Elizabeth, Biol. Mirna, Ing. Manuel Rivera Jaramillo e Ing. Eli, que con su experiencia permitieron mejorar mi diseño experimental.

Al Dr. Jorge Castellanos Albores del Departamento de Conservación de la Biodiversidad de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad San Cristóbal, por la asesoría en estadística.

A mis padres por su apoyo en todos momentos, a mis hermanos, a mis sobrinos por transformarse en fotógrafos y a Moises Toledo por ser mi técnico.

Gracias a mis amigos por el apoyo incondicional que me han brindado en el transcurso de la maestría: Claudia Gutiérrez, Gina, Lupita, Elena, Fernando Calvillo, Ana Karen, Tere y amigas a distancia; por las soluciones a los momentos de estrés, risas, consejos y su cariño.

Agradezco a Rodolfo Cabrera por ser mi confidente, consejero en los momentos difíciles, revisor y una persona muy especial.

INDICE

RESUMEN 1

INTRODUCCIÓN 3

HIPÓTESIS 11

OBJETIVO..... 12

MATERIALES Y MÉTODOS 12

Área de estudio..... 12

Ubicación de los experimentos 12

Método..... 14

Colecta de semillas 14

Germinación..... 15

Crecimiento en parcelas experimentales 16

Crecimiento en condiciones de vivero..... 18

Sobrevivencia..... 20

Densidad de la madera. 20

Análisis de la información 21

Germinación..... 21

Crecimiento en parcelas experimentales 22

Crecimiento en condiciones de vivero..... 22

Sobrevivencia..... 22

Densidad de la madera 22

RESULTADOS 23

Germinación 23

Crecimiento en parcelas experimentales 25

Crecimiento en condiciones de vivero 25

Sobrevivencia 25

Densidad de la madera de balsa 26

DISCUSIÓN 26

Germinación 26

Crecimiento en parcelas experimentales 29

Crecimiento en condiciones de vivero 31

Sobrevivencia 32

Densidad de la madera 33

CONCLUSIONES 34

LITERATURA CITADA 36

RESUMEN

Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb. es una de las pocas especies nativas de árboles pioneros de rápido crecimiento, con importancia tanto económica como ecológica. En la Selva Lacandona (Chiapas, México), los campesinos lacandones reconocen dos variantes que nombran como: “sac chujum” (*O. pyramidale* var. *bicolor*) y “chac chujum” (*O. pyramidale* variedad típica) por presentar importantes diferencias morfológicas y fenológicas. El objetivo del presente trabajo fue la caracterización de las dos variantes de *O. pyramidale* mediante el estudio comparativo de la germinación bajo diferentes tratamientos, crecimiento en parcelas experimentales y en condiciones de vivero, y diferencias en la densidad de madera. En primer término, se estimó la proporción de germinación en siete tratamientos: remojo en agua en un periodo de 12 y 24 h, inmersión en agua a ebullición en un periodo de 3 y 10 s, inmersión en agua a ebullición en un periodo de 3 y 10 s con remojo posterior de las semillas en agua de coco en un periodo de 24 h y testigo. Por otro lado, se evaluó la sobrevivencia y el crecimiento de las plántulas, en condiciones de vivero y en parcelas experimentales ubicadas en la Selva Lacandona. Por último, la densidad de la madera se estimó mediante el método empírico de desplazamiento de agua. Se obtuvo que para O. *pyramidale* variedad típica el mejor tratamiento fue el de inmersión en agua a ebullición en un periodo de 3 s (71.87 %, ± 10.42), mientras que *O. pyramidale* var. *bicolor* fue el tratamiento de inmersión en agua a ebullición en un periodo de 10 s con remojo posterior de las semillas en agua de coco (24 h) (66.67 %, ± 15.21). La sobrevivencia de plántulas fue muy similar, en el vivero se alcanzó para *O. pyramidale* variedad típica del 99 % y *O. pyramidale* var. *bicolor* del 98 %, y en las parcelas experimentales las

variedades alcanzaron hasta 90 %. No presentaron diferencias significativas en el crecimiento (altura y diámetro basal) en las condiciones de vivero ni en las parcelas experimentales, así como en el análisis de la densidad de madera. Se concluye que las dos variedades planteadas no difieren en el crecimiento ni la densidad pero si en los tratamientos germinativos.

Palabras claves: *citocininas, episperma, imbibición, latencia*

INTRODUCCIÓN

Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. es un árbol pionero de rápido crecimiento nativo del continente americano (Iglesias *et al*., 2008; Sandi y Flores, 2010; Anon, 2015), al que comúnmente se le conoce como “balsa”. Este nombre fue asignado por los españoles cuando reconocieron que los indígenas americanos utilizaban a esta especie para construir pequeñas embarcaciones (Sandi y Flores, 2010).

La madera obtenida de la balsa es de interés comercial a nivel mundial, debido a la alta resistencia y baja densidad de su madera (Francis, 1991; Anon, 1996; González-Osorio *et al.,* 2010; Sandi y Flores, 2010). La alta resistencia mecánica de la madera de balsa le confiere una gran ventaja para ser utilizada como materia prima en la elaboración de aislantes y empaques (Salazar, 2000; Obregón, 2005; Nieto y Rodríguez, 2010; Anon, 2015; Anon 2015a). La alta resistencia y la baja densidad de la madera (0.07 a 0.15 g/cm^3), le permite ser una de las especies forestales más atractivas para la elaboración de productos deportivos (boyas, flotadores de redes, anzuelos sonda, productos acuáticos, botes salvavidas y diferentes tipos de balsas), para modelado (maquetas, modelos reducidos y aeromodelismo), artesanías, juguetes y bisutería (Ecobalsa, 2010; Nieto y Rodríguez, 2010).

La madera de balsa presenta fibras muy largas que proporcionan a la celulosa una mayor calidad y hasta un rendimiento de 45 a 50 % para la fabricación de papel. La celulosa obtenida de la madera de balsa es fácil de blanquear, debido a que permite la eliminación de los tonos oscuros con la mínima pérdida de rendimiento en pasta para la fabricación de papel (Cordero y Boshier, 2003; Ecobalsa, 2010). Por otra parte, los tricomas sedosos del fruto se utilizan para la

elaboración de sombreros, relleno de colchones, almohadas, cojines y sofás. Además, la corteza de este árbol puede ser utilizada para la elaboración de sogas (Anon, 1996; Sandi y Flores, 2010).

Ochroma pyramidale es una especie originaria del continente americano y se extiende desde el sureste de México, a través de Centroamérica, pasando por Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, las Antillas, hasta llegar a Brasil (Agrosoft, 2000; Iglesias *et al.,* 2008; Sandi y Flores, 2010). Debido a su importancia económica, se cultiva con éxito en Ecuador y en varios países del sudeste asiático (India, Malasia y Filipinas) (Evans, 1982). En la actualidad, Ecuador cuenta con más de 20 mil hectáreas de plantaciones de balsa, ubicadas en las provincias del Guayas, El Oro, Los Ríos y, Pichincha donde se produce el 95 % de la cosecha mundial (Butterfield, 1995; González-Osorio *et al.,* 2010). Los principales compradores de balsa, en orden de importancia son: Estados Unidos de América (EUA), China, Dinamarca, Alemania y España (Molina, 2014). El producto manufacturado más demandado por estos países son los “bloques encolados de madera”, elaborados a partir de listones de madera de balsa, los cuales son prensados entre sí luego de haber sido secados, cepillados, cuadrados y pegados (Molina, 2014). Dichos bloques deben de contar con una humedad del 8 % al 12 % (Álvarez y Yánez, 2010). Un bloque encolado de madera balsa se encuentra desde 0.33 a 1.33 pies tablares (Ecobalsa, 2010). El pie tablar es el método para medir la madera y es equivalente a 144 pulgadas cúbicas (2.36 dm^3).

A pesar de que existen poblaciones naturales de la balsa en México y de su potencial comercial, el cultivo y comercialización de esta especie ha pasado desapercibido y toda la madera de balsa consumida en nuestro país proviene de las

plantaciones establecidas en el Ecuador, la cual es procesada en Canadá y EUA (OIMT, 2010). Se estima que en el 2005 el mercado ecuatoriano de madera de balsa alcanzó un valor de 19 millones 491 mil 620 dólares, con un crecimiento anual del mercado del 5 % (OIMT, 2010). En el periodo de 2009 al 2012, las exportaciones de bloques encolados y otros productos de madera de balsa en el Ecuador, incrementaron de 80 a 123 millones de dólares, lo que significó un incremento del 81% en el valor del mercado de las exportaciones como bloques encolados. De igual manera la cantidad ofertada de madera de *O. pyramidale* se incrementó cada año desde el 2009 al 2012, de 25.002 a 33.902 pies tablares (Molina, 2014). Ecuador ha sido líder de las exportaciones de madera de balsa, gracias a sus bajos precios de venta y alta calidad de sus productos manufacturados (Molina, 2014). Dentro de los principales países compradores de bloques encolados se encuentran: Estados Unidos y China.

Se han realizado pocos estudios en cuanto a la germinación y aplicación de tratamientos germinativos en semillas de *O. pyramidale*. También son contados los estudios en relación al crecimiento de los árboles. Se conoce que las semillas de la especie *O pyramidale* son ortodoxas, presentan latencia física y viabilidad mayor a 9 años, con una germinación inicial de 95 % y hasta 35.5 % de germinación en semillas con 49 años de edad (Anon, 1996). Además, se ha puesto en evidencia la notable tolerancia térmica que presentan las semillas de esta especie y su rápida germinación después de la escarificación, ya que la cubierta de esclereidas en empalizada que presenta la testa es una eficiente barrera al paso de agua al interior de la semilla, que solo se hace permeable mediante la modificación estructural y ruptura (Vázquez-Yañes, 1976). A continuación, se mencionan algunos

antecedentes relevantes relacionados a la germinación de las semillas, plantaciones experimentales y la densidad de la madera de balsa. Dentro de los estudios de germinación de las semillas de Ochroma, en Costa Rica, Vázquez-Yañes (1974, 1975) realizaron tratamientos con diferentes temperaturas, condiciones de luz y oscuridad, escarificación mecánica (lijado de las semillas), así como, inmersión en agua a ebullición y escarificación química con ácido sulfurico. Los resultados de estas investigaciones muestran un aumento significativo en la germinación de las semillas de Ochroma cuando fueron sometidas a altas temperaturas, debido a que el episperma se hace permeable a mayor temperatura permitiendo la imbibición e hidratación de la semilla (Vázquez-Yanes, 1974, 1975).

Herrera-Quirós y Alizaga-López (1997) evaluaron el efecto de tratamientos químicos (ácido giberélico, escarificación química con ácido sulfúrico, nitrato de potasio y cianamida hidrogenada) a diferentes concentraciones y tratamientos físicos (agua a diferentes temperaturas) en diferentes intervalos de tiempo, con la finalidad de romper el estado de latencia de las semillas de Ochroma. Los resultados de esta investigación reportaron que la mejor germinación de las semillas se obtuvo en los tratamientos químicos con un 73 % (ácido sulfúrico en inmersión por 32 min) y tratamientos físicos con un 68 % (agua caliente a 80° C por 3 min); mientras que el testigo no superó el 24 % de germinación.

López (2000) evaluó cinco tratamientos pre-germinativos en *O. pyramidale*, los cuales consistían principalmente en sumergir las semillas en agua hirviendo (100° C), escarificación de la testa de las semillas por medio de lijado y tostamiento de la semilla. Encontró que los mejores tratamientos fueron: 1) la escarificación de la testa de las semillas y sumergirlas en agua hirviendo por un periodo de 1 min y

2) sumergir las semillas agua hirviendo durante 3 min, dejándolas reposar en agua durante 24 h. Con estos tratamientos se obtuvo porcentajes de germinación de 87 % y 85 % respectivamente. Por otra parte, Douterlunge (2005) empleó tratamientos pre-germinativos para evaluar el porcentaje de germinación de las semillas de *O. pyramidale* recolectadas en dos años diferentes. Los tratamientos con altos porcentajes de germinación de semillas fueron la ebullición de las semillas durante 5 s y verter agua hirviendo en un recipiente con las semillas durante 0 s para luego dejarlas enfriar durante 24 h. Los tratamientos de remojo en agua y agua de coco no presentaron diferencias significativas con respecto al testigo. En cuanto a las semillas de un año de almacenamiento, estas alcanzaron un porcentaje de germinación más bajo con respecto a aquellas que fueron colectadas en el año actual al experimento.

Con respecto a estudios enfocados en la madera de balsa, Reyes *et al*. (1992) realizaron una recopilación de datos sobre la densidad de la madera de especies de árboles tropicales presentes en tres continentes América, Asia y África, encontrandose a *O. pyramidale* con una densidad promedio de 0.30 g/cm^3. No obstante, se menciona que se necesitan más datos antes de sacar conclusiones sobre los valores promedio de densidad, ademas que probablemente los datos recolectados pertenecían a individuos adultos. Veizaga (2011) realizó un estudio sobre la densidad de la madera de balsa en su etapa juvenil procedente de seis plantaciones en Bolivia de distintas edades (seis y cuatro años) en tres sitios por edad. El estudio determinó las diferencias entre la sección de cada árbol, edad y, sitios. Se obtuvo que entre secciones no hay diferencias para cuatro de los seis sitios y no hay diferencias significativas entre las diferentes edades, pero si entre

sitios. Las medias generales obtenidas de las edades en la densidad básica fue 0.197 - 0.183 g/cm^3 y en la densidad anhidra son 0.213 - 0.201g/cm^3.

Por otra parte, en México, en el estado de Chiapas, desde 1993 se han realizado investigaciones en la Selva Lacandona con relación a la restauración y rehabilitación ecológica, así como en la recuperación del conocimiento ecológico tradicional en donde el árbol de *O. pyramidale* juega un papel determinante (Levy-Tacher *et al.*, 2012, 2013, 2015). Para los lacandones tradicionales este árbol es una especie clave en el aprovechamiento agrícola de su selva, pues les permite acortar el período de descanso de sus terrenos, promover la recuperación de los niveles de materia orgánica del suelo y controlar el crecimiento de plantas invasoras en las milpas (Levy-Tacher y Golicher, 2004; Douterlungne, 2005; Levy *et al.,* 2007 y Douterlungne *et al.,* 2010). En particular, se ha reconocido la capacidad de este árbol para favorecer y acelerar el desarrollo sucesional al auspiciar el establecimiento de las especies sucesionales intermedias y tardías que repueblan el sotobosque de las plantaciones y poblaciones naturales de balsa (Vleut *et al*., 2013; Levy *et al*., 2015).

En la Selva Lacandona, específicamente en los poblados de Lacanha Chansayab, Frontera Corozal y Nueva Palestina se cuenta con varias plantaciones experimentales, establecidas desde hace 18 años, en las cuales se ha monitorizado el crecimiento y desempeño de los árboles de balsa (Douterlungne, 2005; Román-Dañobeytia *et al*., 2007, 2012, 2012a; Douterlungne *et al.,* 2010; Douterlungne *et al.,* 2013; Levy-Tacher *et al.,* 2015). Dentro de los resultados de estos experimentos destaca que *O. pyramidale* alcanza una altura promedio de 7 m y un diámetro a la altura del pecho promedio de 4.1 cm en el primer año (Douterlungne, *et al* 2010).

Se ha demostrado experimentalmente que este árbol es capaz de controlar y posteriormente erradicar helechales de la especie invasora *Pteridium aquilinium* (L.) Kuhn) (Douterlungne *et al.,* 2010, 2013a; Levy-Tacher *et al.,* 2015). Además, a los tres años del establecimiento de las plantaciones de *O. pyramidale* es posible observar el repoblamiento de 51 especies nativas, las cuales contribuyeron en gran manera a la erradicación del helecho (Levy-Tacher *et al.,* 2015).

Los lacandones, habitantes de la Selva Lacandona en México, utilizan este árbol para la pronta recuperación de sus acahuales (vegetación secundaria). En la comunidad de Lacanha Chansayab, los campesinos lacandones reconocen dos variantes de Ochroma y los distinguen por presentar una serie de importantes diferencias morfológicas y fenológicas. Los campesinos lacandones nombran estas variedades con base en el color de los peciolos como chac chujum (rojo) y sac chujum (blanco), y que pueden corresponder a *O. pyramidale* en su variedad típica y lo que en algunos autores consideraban *O. pyramidale* var*. bicolor* (Rowlee) Brizicky, actualmente se conoce que son sinónimos (The Plant List, 2016; Tropicos, 2016). Se conoce que el genero Ochroma es monofiletico, por lo que posiblemente estas variedades identificadas por los lacandones se deben a factores que influyen en la variación de las especies, como el clima y la distribución geográfica. Dentro de las características morfológicas que ayudan a distinguir estas variedades taxonómicas se menciona el tamaño y la forma de los frutos, la cantidad de semillas por fruto, la tasa relativa de crecimiento de los árboles, la forma de la copa, el color del peciolo de las hojas, el color de las hojas, la tasa de germinación, la densidad de la madera, la altura total del árbol, la longitud del ciclo de vida y la época de floración (Levy-Tacher com. pers.) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características biológicas y morfológicas distintivas entre dos variedades de balsa (Chankin y Levy-Tacher com. pers; observación directa).

Atributos	**Características**	
	***O. pyramidale* variedad típica**	***O. pyramidale* var. *bicolor***
Ciclo de vida	< de 15 años	> de 15 años
Altura total	< 20 m	> 20 m
Forma del tallo	Curvado	Recto
Densidad de la madera	Alta	Baja
Diámetro a la altura del pecho (DAP)	< de 70 cm	Hasta 160 cm
Forma de la copa	Irregular	Redonda
Pubescencia de las hojas	Escasa	Abundante
Peciolo	Rojo y corto 10-30 cm	Blanco y largo 20-35 cm
Época de floración	Febrero-Abril	Diciembre-Febrero
Flores	Grandes, color blanco a beige 20-25 cm	Pequeñas, color blanco 10-20 cm
Frutos	Grandes, color café, con menor pubescencia, muchas semillas 20-25 cm	Pequeños, color café claro, muy pubescentes, pocas semillas 10-20 cm
Semillas	Pequeñas, color café Tamaño de 1-2 mm Peso promedio de 5.9 mg	Grandes, color café claro Tamaño de 1-3 mm Peso promedio de 7.1 mg

La producción comercial de madera de balsa en México podría ser una opción económica rentable para los campesinos de la Selva Lacandona. Sin embargo, el aprovechamiento comercial de la balsa requiere de un conocimiento básico con respecto a los aspectos técnicos de aprovechamiento y manejo de la madera, organización para la producción y formación de cadenas de valor, de los cuales a la fecha se cuenta con muy poca información. Esta investigación contribuirá

a la generación de información que permita el eventual aprovechamiento comercial de esta especie a partir de la comparación de germinación, crecimiento y densidad de la madera de las dos variedades de balsa que son reconocidas en la región.

HIPÓTESIS

- En la Selva Lacandona, los habitantes de lacandones reconocen dos variedades, las cuales podrían determinarse como *O. pyramidale* variedad típica y *O. pyramidale* var. *bicolor*. Se espera diferencias en germinación, crecimiento y densidad de la madera entre las dos variedades.
- En la Selva Lacandona, las semillas de la especie *O. pyramidale* empiezan a germinar después de la roza tumba y quema, por lo que se espera que los tratamientos pre-germinativos de inmersión de las semillas en agua a ebullición alcanzarán el porcentaje más alto de germinación.
- Debido a que *O. pyramidale* var. *bicolor* es la variedad con mayor altura y diámetro basal, se espera que las condiciones de vivero permitan una mayor sobrevivencia de las plántulas de *O. pyramidale* var. *bicolor* con respecto a las de *O. pyramidale* variedad típica.
- Los valores promedio del diámetro basal y la altura de los árboles de *O. pyramidale* var. *bicolor* serán superiores a los de *O. pyramidale* variedad típica en las parcelas experimentales.
- La densidad de la madera de *O. pyramidale* var. *bicolor* será menor que la de *O. pyramidale* variedad típica.

OBJETIVO

Evaluar si hay diferencias en la germinación, densidad de la madera y el crecimiento de las plantas en vivero y en parcelas experimentales de dos variedades de balsa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Selva Lacandona abarca una superficie aproximada de un millón de hectáreas que incluye 53 % de la cuenca del Río Usumacinta (SEMARNAP, 2005) y el tipo dominante de vegetación es selva alta perennifolia (Miranda, 1952; Breedlove, 1973). Se localiza en el extremo este del estado de Chiapas al sur de la República Mexicana (16°05', 17°15' N; 90°25' y 91°45' O) (Breedlove, 1973; Nations y Nigh, 1980; Mendoza y Dirzo, 1999). La zona lacandona puede ser delimitada en cinco diferentes zonas o regiones históricamente conformadas: Zona Norte, Comunidad Lacandona, Las Cañadas, Marqués de Comillas y Reserva de la Biosfera Montes Azules (Márquez, 1998). La Subregión Comunidad Lacandona se encuentra conformada por tres localidades que incluye distintos grupos étnicos: Lacanhá-Chansayab integrada por lacandones, Frontera Corozal por Choles y Nueva Palestina por Tseltales (Williams, 1999).

Ubicación de los experimentos

Se establecieron 20 parcelas experimentales donde se plantaron las dos variedades de balsa localizadas en el ejido El Sacrificio, municipio de Palenque ubicado en la

Zona Norte (17º10’25’’ N y 91º23’27’’ O) (sitio 1) y en el CECyT 33 situado en el municipio de Frontera Corozal (16º48’56’’ N y 90º52’23’’ O) (sitio 2) (Figura 1 y Cuadro 2). Para el estudio de densidad de madera se realizó la colecta de las muestras en la comunidad de Lacanha Chansayab (16º45’59’’ N y 91º07’59’’ O). Por último, las pruebas de germinación y crecimiento de plántulas en condiciones de vivero se llevaron acabo en el laboratorio del banco de germoplasma y en el área de vivero, respectivamente, del Jardín Botánico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

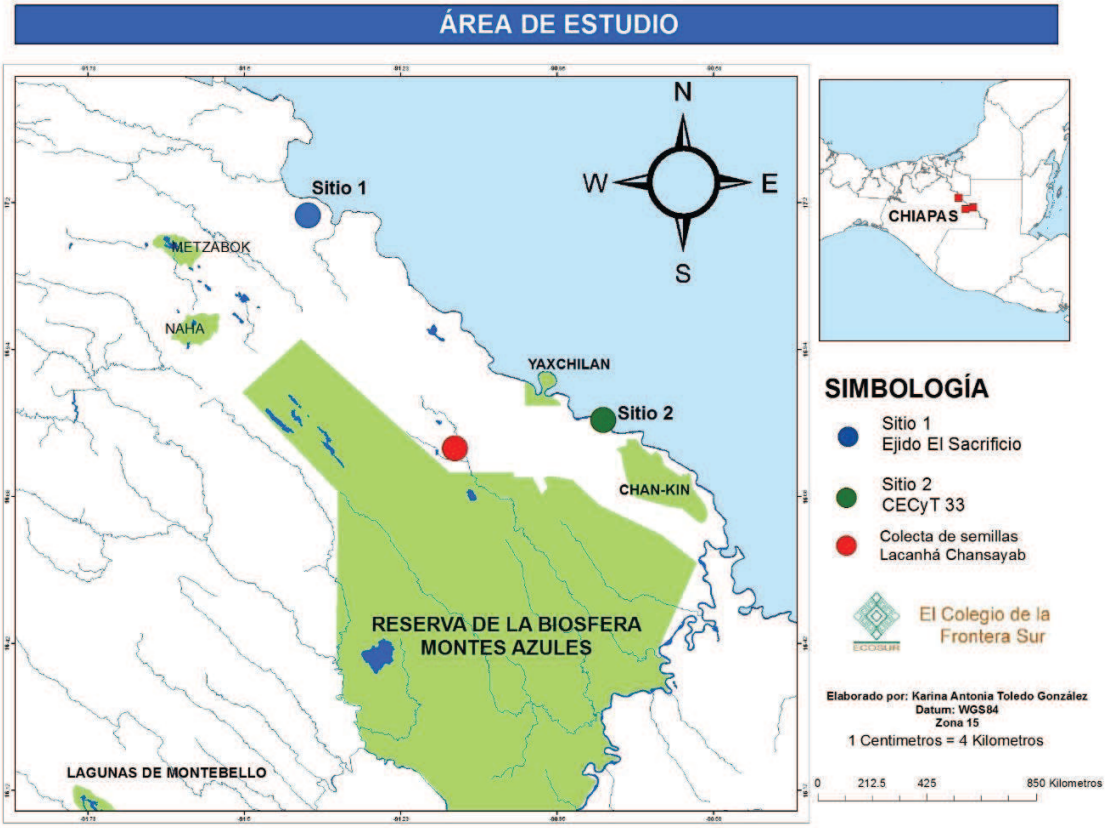

Figura 1. Ubicación de los sitios de trabajo, parcelas experimentales y el área de colecta de semillas de la balsa en la Selva Lacandona.

Cuadro 2. Valores de los parámetros físicos y químicos del suelo en las parcelas experimentales en la Selva Lacandona.

	Profundidad 1-10 cm		Profundidad 10-30 cm	
Parámetros	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 1	Sitio 2
Arena (%)	21.6	39.6	9.6	25.6
Arcilla (%)	6.4	42.4	8.4	60.4
Limo (%)	72.0	18.0	82.0	14.0
Nombre textural	Franco limoso	Arcilloso	Limoso	Arcilloso
Densidad aparente (gr/ml)	1.09	1.10	1.28	1.14
pH	8.77	8.09	8.71	7.98
M.O. (%)	8.09	12.36	3.82	8.29
N total (%)	0.40	0.62	0.19	0.41
CIC (cmol/Kg^{-1})	21.51	53.03	14.18	55.23
P (mg/kg)	7.3	6.2	5.9	6.2
K (cmol/Kg)	0.15	1.07	0.08	0.62
Carbono (%)	4.69	7.17	2.22	4.81
C/N (%)	11.73	11.56	11.66	11.73

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de ECOSUR, Unidad San Cristóbal de Las Casas (Chiapas). En el análisis se utilizaron parámetros de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002).
Valor obtenido a partir de muestras compuestas de suelo recolectadas en el experimento a dos profundidades (1 a 10 cm y 10 a 30 cm).

Método

Colecta de semillas

La colecta de los frutos de *Ochroma pyramidale* variedad típica y *O. pyramidale* var. *bicolor* se realizó en la localidad Lacanhá-Chansayab, durante el mes de abril de 2014. Los árboles seleccionados para la recolección de los frutos tuvieron las siguientes características: diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 60 cm,

altura superior a los 18 m, abundancia en frutos maduros y buen estado fitosanitario. Los frutos de cada una de estas dos variedades fueron puestos al sol para su secado y propiciar la dehiscencia. Posteriormente, se obtuvieron las semillas y se procedió a mezclarlas para homogeneizar la muestra. Las semillas fueron almacenadas y conservadas en un recipiente hermético durante 10 meses resguardándolo de la humedad y la luz solar directa.

Germinación

Los tratamientos de germinación se realizaron en el mes de febrero de 2015, las semillas fueron tratadas mediante su inmersión en agua, impacto térmico y uso de agua de coco. En total se aplicaron siete tratamientos, los cuales se describen en el Cuadro 3. Los tratamientos fueron elegidos por su bajo costo económico, así como por haber sido utilizados, previamente por otros autores (Vázques-Yanes, 1974; Anónimo, 1996; Agrosoft, 2000; Douterlungne, 2005). En los tratamientos T5 y T6 se eligió agua de coco debido a que contiene nutrientes y presenta fitohormonas (citoquininas) que posiblemente podrían ayudar a incrementar la germinación en las semillas. Además, esta sustancia ha sido utilizado en experimentos de germinación de otras especies forestales.

Cuadro 3. Tratamientos pregerminativos utilizados para el manejo experimental de semillas de dos variedades de balsa.

Tratamiento	Descripción	Repeticiones	No. de semillas por repetición	Acrónimo
Control	Testigo	4	25	T0
Físicos	Remojo en agua a 12 h	4	25	T1
	Remojo en agua a 24 h	4	25	T2
	Ebullición 3 s	4	25	T3
	Ebullición 10 s	4	25	T4
Físico-Químicos	Ebullición 3 s y remojo en agua de coco	4	25	T5
	Ebullición 10 s y remojo en agua de coco	4	25	T6

s: segundos

Las unidades experimentales fueron cajas Petri de 90 x 15 mm donde se sembraron 25 semillas sobre papel filtro y algodón. Estas se introdujeron en una germinadora de precisión (Seedburo, Equipment Company) programada para iluminar las 24 h, con un 90% de humedad relativa y temperatura constante de 27°C. Se contabilizó el número de semillas germinadas tres veces por semana en un periodo de 56 días. Para lo cual se consideró como semilla germinada el momento de la emergencia de la radícula (Vázquez-Yanes *et al*., 1997). Las cajas Petri se regaron cada tercer día y se realizaron dos aplicaciones de “Captan” diluido al 5 % (fungicida) para el control de hongos durante el experimento, la primera fue al día 9 de marzo y la segunda al día 8 de abril del año 2015.

Crecimiento en parcelas experimentales

Las parcelas experimentales fueron establecidas en el 2014 en un proyecto independiente al planteamiento de esta tesis para conocer el desarrollo de las dos variedades de balsa. Estas parcelas se establecieron en dos lugares, el sitio 1 en la propiedad de Trinidad Celis Luna (Doña Lucha) ubicado en el ejido El Sacrificio y el sitio 2 que se ubicó en el CECyT 33 en el poblado de Frontera Corozal, selva Lacandona. Las semillas de las dos variedades de balsa se pusieron a germinar, sin utilizar tratamiento pre-germinativo, en el mes de mayo de 2014, se utilizaron charolas de germinación COPPER BLOCK 60/220 ml (60 hoyos de 220 ml cada uno) y como sustrato se utilizó el suelo con alto contenido de materia orgánica

obtenido en lugares con vegetación madura. Las plántulas se trasplantaron a los sitios experimentales hasta tener una altura de 20 cm.

El trasplante a las parcelas experimentales en los dos sitios propuestos se realizó en el mes de agosto del 2014, dentro del periodo principal de lluvias. El diseño experimental fue establecer en cada sitio 10 parcelas completamente al azar con dos tratamientos (*O. pyramidale* variedad típica y *O. pyramidale* var. *bicolor*). Cada parcela midió 12 x 16 m, dentro de la cual se realizó el trasplante de una sola variedad a un distanciamiento de 3 x 4 m (25 plantas en cada parcela). Cada tratamiento presentó cinco repeticiones. En total fueron plantados en cada sitio 2,500 individuos en un área de 1,920 m^2. Cabe mencionar que los sitios donde se realizó el estudio se encontraban en desuso y presentaban una vegetación secundaria. Las parcelas experimentales se mantuvieron deshierbadas durante los primeros seis meses en ambos sitios.

En ambos sitios el registro del número de individuos (sobrevivencia), altura (cm) y diámetro basal (cm), se llevó a cabo al momento del trasplante y a los doce meses posteriores. El diámetro basal en cada individuo se midió con un vernier y la altura con flexómetro. Específicamente la altura de las plántulas se obtuvo midiendo con un flexómetro (precisión: 0.1 mm) desde la base del tallo hasta la yema apical. El diámetro basal se midió con un vernier (precisión: 0.1 mm) a partir del nivel del suelo. En el sitio 2 solo se pudieron conservar cuatro repeticiones por tratamiento, ocho parcelas en total. Las dos parcelas faltantes no fueron incluidas en el análisis debido a que varios de sus individuos fueron cortados por los transeúntes que recorrían el sendero colindante a estas parcelas.

Crecimiento en condiciones de vivero

El día 15 de abril de 2015 en laboratorio de Germoplasma de la SEMAHN se pusieron a germinar 200 semillas de cada variedad de balsa que presentaban un año de almacenamiento, se utilizó el tratamiento T3 y el procedimiento de germinación se realizó en contenedores de 15 x 20 cm. Las plántulas que germinaron se utilizaron en el experimento de condiciones de vivero.

El área experimental se estableció dentro de condiciones controladas (vivero del Jardín Botánico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas) en donde fue posible realizar un diseño experimental con bloques sistematizados, en cada uno de éstos se colocaron dos tratamientos (*O. pyramidale* variedad típica y *O. pyramidale* var. *bicolor*). Cada bloque midió 80 x 200 cm e incluyó 40 bolsas de plástico de polietileno color negro de 20 x 30 cm, dentro de cada bolsa se trasplanto una plántula de las variedades de Ochroma con una altura de 2 cm (1 de mayo de 2015). Así, cada bloque contó con una distribución balanceada de 20/20 y cada tratamiento presentó cinco repeticiones. Las bolsas de plástico de polietileno fueron llenadas con substrato compuesto por 30 % suelo, 30 % Peat Moss, 20 % agrolita y 20 % vermiculita. En total fueron plantados 200 individuos en un área de 12 m^2 (Figura 2).

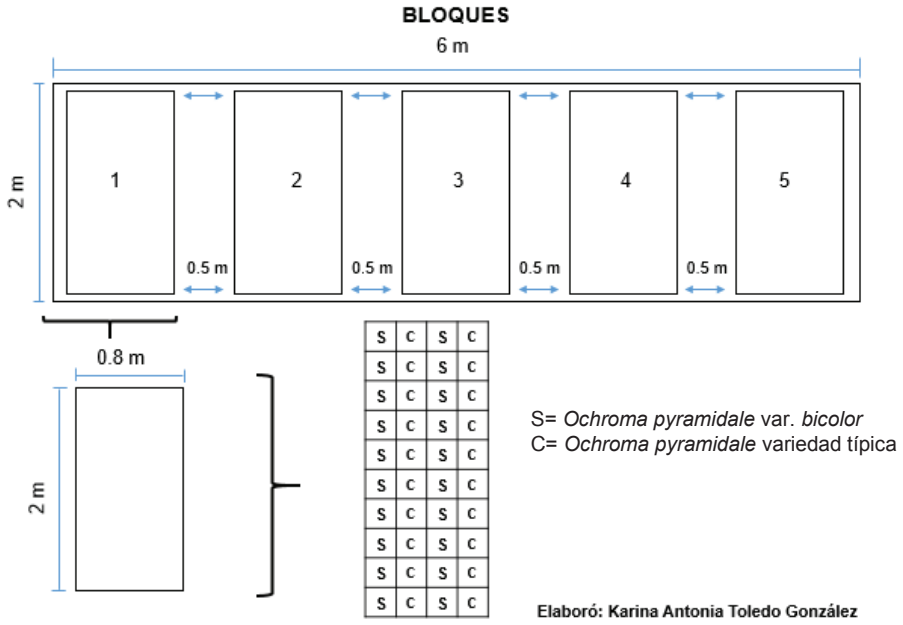

Figura 2. Diseño experimental por bloques sistematizados para la siembra de dos variedades de balsa.

Una vez establecido el experimento, el 10 de mayo de 2015 se les midió la altura y el diámetro basal. Se realizaron un total de 11 mediciones, hasta que las plantas alcanzaron una altura promedio de 20 cm. Las mediciones fueron semanales (viernes). Durante todo el periodo del experimento en vivero, tres meses, las plantas fueron regadas diariamente con una manguera con aspersor, evitando la desecación en la temporada de seca y el ahogamiento de la plántula en la temporada de lluvia. La deshierba en los tratamientos implicó la eliminación permanente de todas las arvenses durante el experimento. La maleza en los contenedores fue eliminada con la ayuda de una tijera para evitar maltratar las raíces de las plantas de Ochroma.

Sobrevivencia

La sobrevivencia se registró desde el inicio hasta finalizar los experimentos de crecimiento (parcelas experimentales por el periodo de un año y condiciones de vivero por tres meses), lo anterior se realizó mediante el conteo de los individuos vivos/muertos al finalizar el experimento y se anotaron las posibles causas de mortalidad (daños por insectos, hongos, desecación, daño mecánico), se utilizó la fórmula:

$$\%\ sobrevivencia = \frac{No.\ de\ individuos\ vivos}{No.\ de\ individuos\ sembrados} \times 100$$

Densidad de la madera.

La densidad de la madera de *O. pyramidale* variedad típica y *O. pyramidale* var. *bicolor* se determinó a través del método de desplazamiento de agua (Valencia y Vargas, 1997; Rojas y Villers, 2005). La colecta de la madera de las dos variedades de *Ochoma* se realizó en el mes de julio de 2015 en una plantación mixta con ambas variedades, sembrada en el año 2010, donde se eligieron 15 árboles adultos de cada variedad. Las muestras de madera se tomaron a una altura de 1.30 m, sin derribar los árboles, una vez obtenidas fueron llevadas a la carpintería de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal, donde se utilizó el tornillo de banco y el serrucho para la obtención de cuatro muestras de madera de forma rectangular con dimensiones de 1 x 1 x 8 cm de cada árbol.

En el Laboratorio de Plantas y Suelos de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal, se obtuvo el peso húmedo de las muestras utilizando una

balanza semi-analítica con una precisión de 0.0001 g y para el volumen verde de las muestras se empleó el procedimiento de desplazamiento de agua (Chave, 2006), que consiste en sumergir cada una de las muestras en una probeta graduada de 50 ml donde el incremento en el nivel de agua equivale al volumen de la muestra. Luego las muestras se ingresaron en un horno a una temperatura de 60 ºC durante 72 h hasta obtener el peso anhidro (peso seco constante). La fórmula utilizada para determinar la densidad básica de la madera fue la siguiente (Chave, 2006):

$$Db = Po / Vv \ (g/cm^3)$$

Donde:

Db = densidad básica de la madera

Po = peso anhidro

Vv = Volumen verde

Análisis de la información

Germinación

Para cumplir con los supuestos de homogeneidad de varianzas (Prueba de Leneve), los datos fueron transformados utilizando *Arc sen*. Posteriormente, los datos fueron interpretados mediante un análisis de varianza ANOVA que permite contrastar más de dos medias y una prueba de comparación múltiple de Tukey para conocer diferencia entre los grupos. Se utilizó el programa estadístico SPSS versión 15.0.

Crecimiento en parcelas experimentales

Para conocer si existía variación entre el diámetro basal y la altura entre ambas variedades de *Ochroma pyramidale* en el Ejido El Sacrificio y Frontera Corozal, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) en el programa estadístico SPSS versión 15.0. Con la finalidad de cumplir con los supuestos de homogeneidad de varianzas (Prueba Levene) y diferenciar la altura en las dos variedades en el Ejido El Sacrificio los datos de altura fueron transformados utilizando Log 10.

Crecimiento en condiciones de vivero

Los datos fueron interpretados mediante un análisis de varianza (ANOVA) en el programa estadístico SPSS versión 15.0.

Sobrevivencia

Para conocer cuál de las variedades obtuvo un mayor porcentaje de sobrevivencia en cada experimento (parcelas experimentales y en condiciones de vivero), se utilizó la fórmula de porcentaje de sobrevivencia y luego se compararon los resultados de las dos variedades.

Densidad de la madera

Los resultados fueron interpretados mediante un análisis de varianza (ANOVA) en el programa estadístico SPSS versión 15.0.

RESULTADOS

Germinación

Los tratamientos de inmersión en agua a ebullición, especialmente los obtenidos en un periodo de 3 s (65.62 %, ± 12.35) ($F_{1,6}$= 71.78; $P < 0.001$) presentaron mayor germinación. Los tratamientos de remojo en agua no presentaron diferencias significativas entre ellos ni con respecto al control (Figura 3).

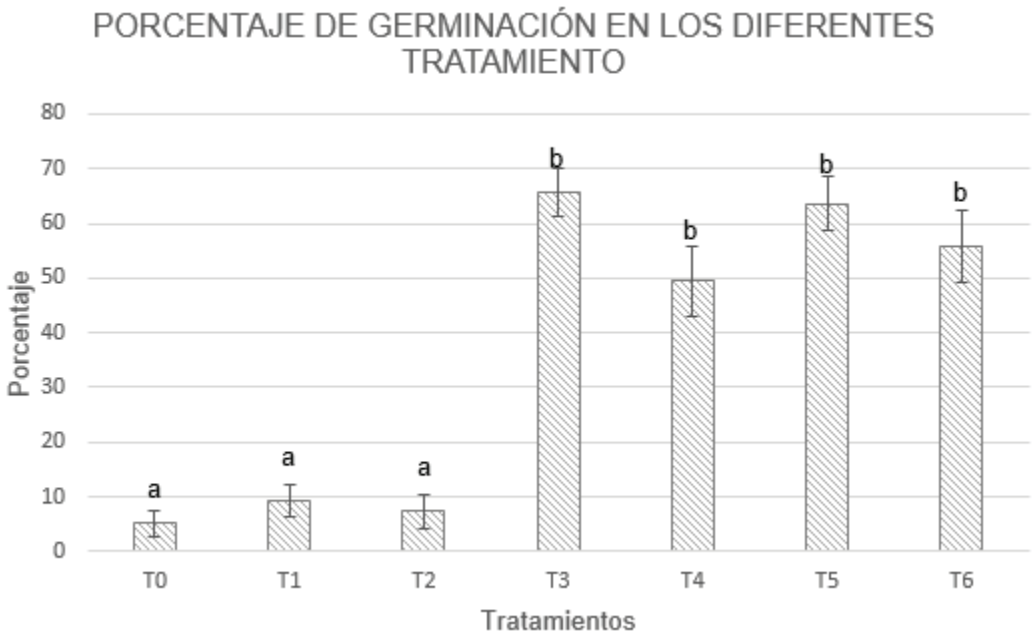

Figura 3. Porcentajes de germinación (media ± desviación estándar) de *O. pyramidale* bajo diferentes tratamientos (promedio de las dos variedades). Contenido: control (T0); remojo en agua por 12 horas (T1); remojo en agua por 24 horas (T2); inmersión en agua hirviendo por un periodo de 3 s (T3); inmersión en agua hirviendo por un periodo de 10 s (T4); inmersión en agua hirviendo por 3 s y remojo en agua de coco por un periodo de 12 horas (T5) e inmersión en agua hirviendo por 10 s y remojo en agua de coco por un periodo de 12 horas (T6). Las letras arriba de las barras representan la separación de los tratamientos (Tukey; a = 0.05); tratamientos que no comparten la misma letra son diferentes.

Al comparar la germinación en las variedades se mostró que para *O. pyramidale* var. *bicolor* los tratamientos con los valores más altos de germinación de las semillas corresponden a los de inmersión en agua a ebullición por 3 s (66.67 %, ± 15.21) ($F_{1,13}$= 38.12, $P < 0.001$). En cuanto a *O. pyramidale* variedad típica los tratamientos de inmersión en agua a ebullición para ambos periodos de tiempo (3 y 10 s) alcanzaron de forma indistinta los valores más altos de germinación de las semillas (Figura 4).

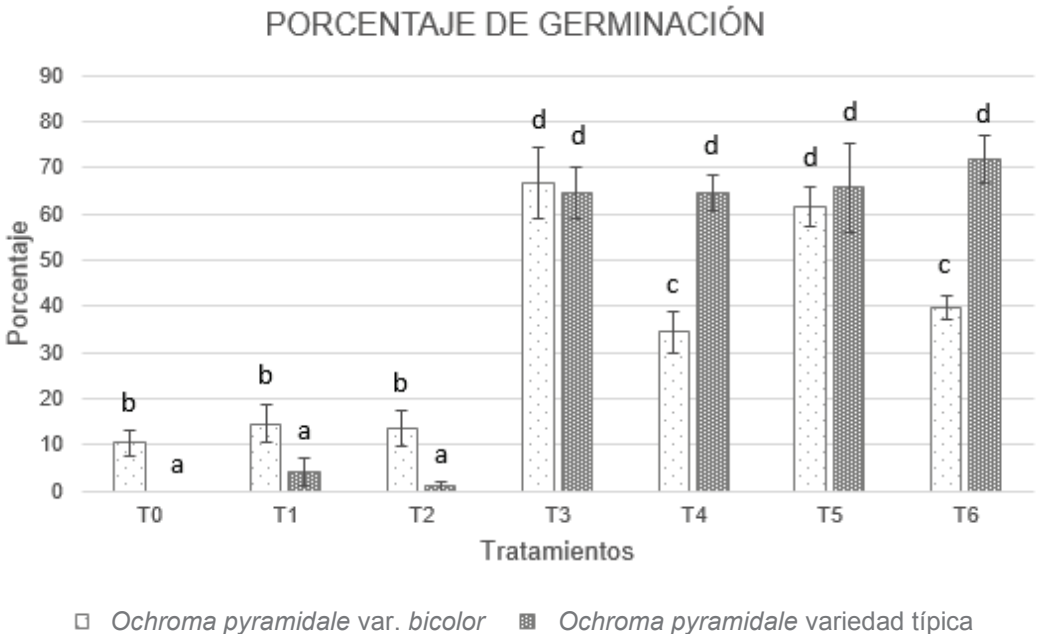

Figura 4. Porcentajes de germinación (media ± desviación estándar) de dos variedades de *Ochroma pyramidale* bajo diferentes tratamientos. Contenido: control (T0); remojo en agua por 12 horas (T1); remojo en agua por 24 horas (T2); inmersión en agua hirviendo por un periodo de 3 s (T3); inmersión en agua hirviendo por un periodo de 10 s (T4); inmersión en agua hirviendo por 3 s y remojo en agua de coco por un periodo de 12 horas (T5) e inmersión en agua hirviendo por 10 s y remojo en agua de coco por un periodo de 12 horas (T6). Las letras arriba de las barras representan el análisis Tukey (a= 0.05) por variedad, los tratamientos que no comparten la misma letra son diferentes.

Crecimiento en parcelas experimentales

El crecimiento de balsa en ambas variedades entre los sitios mostró diferencias significativas tanto en altura ($F_{1,17}$= 50.935; P < 0.001) como en diámetro basal ($F_{1,17}$= 36.889; P < 0.001). Sin embargo, dentro de los sitios no se observó diferencia entre las variedades (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estadistico descriptivo y ANOVA para comparar el crecimiento en altura y diámetro basal de las variedades de *Ochroma pyramidale* en cada uno de los sitios.

Sitio	Crecimiento	Promedio (cm)		Desviación típica (cm)		Leneve	F	*P*
		Var. 1	Var. 2	Var. 1	Var. 2			
1	Altura	97.1	74.4	35.6	33	0.047	1.885	0.207
	DB	2.33	1.98	0.73	0.81	0.487	1.403	0.270
2	Altura	398.9	389	97.8	89.8	0.212	**0.047**	0.836
	DB	6.57	7.88	1.57	2.12	0.256	4.637	0.077

DB= Diámetro basal. Var. 1 = *O. pyramidale* var *bicolor* y Var. 2 = *O. pyramidale* variedad típica.

Crecimiento en condiciones de vivero

Las variedades de balsa no presentan diferencias significativas en altura ($F_{1,4}$= 0.941; P = 0.387) ni en diámetro basal ($F_{1,4}$= 0.818; P = 0.417).

Cuadro 5. Estadistico descriptivo y prueba de Levene para comparar el crecimiento en altura y diámetro basal de las variedades de *Ochroma pyramidale* en vivero.

Crecimiento	Variedad	Promedio	Desviación típica	Prueba de Leneve
Altura	1	11.39 cm	6.84 cm	0.294
	2	13.56 cm	7.94 cm	
Diámetro basal	1	0.39 cm	0.13 cm	0.213
	2	0.43 cm	0.14 cm	

Var. 1 = *O. pyramidale* var *bicolor* y Var. 2 = *O. pyramidale* variedad típica.

Sobrevivencia

La sobrevivencia de las plántulas de balsa en las parcelas experimentales no presentó diferencias significativas entre los sitios 1 y 2 ($F_{1,17}$= 0.335; P = 0.666). La sobrevivencia de las plántulas de *Ochroma. pyramidale* var. *bicolor* en la parcela

experimental del sitio 1 fue mayor (91.11 %, ± 4.969) a la de *O. pyramidale* variedad típica (88.88 %, ± 13.61). Para el experimento de sitio 2 la situación fue inversa, *O. pyramidale* variedad típica alcanzó la mayor sobrevivencia (91.66 %, ± 10.638) con respecto a *O. pyramidale* var. *bicolor* (83.33 %, ± 6.41).

No se encontraron diferencias significativas en la sobrevivencia de las plántulas de las dos variedades en condiciones de vivero ($F_{1,4}$= 1.000; *P* = 0.341), donde *O. pyramidale* variedad típica alcanzó la mayor sobrevivencia (99 %, ± 3.66) con respecto a *O. pyramidale* var. *bicolor* (98 %, ± 4.21).

Densidad de la madera de balsa

El análisis de las muestras de madera para ambas variedades no mostró diferencias significativas ($F_{1,29}$= 2.201; *P* = 0.160). *Ochroma pyramidale* variedad típica presenta una densidad promedio de 0.1327 g/ml (± 0.0522) y *O. pyramidale* var. *bicolor* de 0.1588 g/ml (± 0.0795).

DISCUSIÓN

Germinación

Los tratamientos que favorecieron la germinación de las semillas fueron los de inmersión en agua a ebullición donde se obtuvo 65.62% ($F_{1,6}$= 71.79, *P* = 0.001) (Figura 3), coincidiendo con los reportados en otros estudios: Herrera-Quirós y Alizaga-López (1997), López (2000) y Douterlunge (2005) donde se obtuvo desde un 68 % a 87 %. Vázquez-Yañes (1976) menciona que la germinación de las semillas de Ochroma es favorecida por altas temperaturas debido a que éstas, se

han adaptado a la presencia del fuego en las áreas donde crece. A nivel fisiológico es posible que a consecuencia de las altas temperaturas (inmersión en agua a ebullición) el episperma de las semillas presenta una mayor permeabilidad y con ello se favorece la germinación de las semillas. No obstante, el tiempo de exposición de las semillas a altas temperaturas puede influir en su germinación. En este estudio al promediar la germinación de las dos variedades no se presentan diferencias significativas en los tratamientos control y remojo en agua (T0, T1 y T2) como lo reportó Douterlungne (2005) en sus pruebas de germinación. Sin embargo, al comparar la germinación de las dos variedades (Figura 4), se encontró que *Ochroma pyramidale* var. *bicolor* alcanza un porcentaje de germinación que es significativamente mayor en los tratamientos T0, T1, T2 en comparación con *Ochroma pyramidale* variedad típica, mientras que en los tratamientos T3 y T5 no se presentan diferencias significativas.

Asimismo, al promediar la germinación de las dos variedades (Figura 3) se observó que los tratamientos de inmersión en agua a ebullición y remojo en agua de coco (T5 y T6), no muestran diferencias significativas con respecto a los tratamientos de inmersión en agua a ebullición (T3 y T4) lo cual hace suponer que las fitohormonas (citoquinas) de crecimiento presentes en el agua de coco no favorecieron la germinación de las semillas de balsa. Se conoce que el agua de coco se ha utilizado en tratamientos germinativos debido a la cantidad de nutrientes y su composición específica permitiéndole resultados favorables en la germinación de algunas semillas que presentan latencia o semillas tropicales tales como cedro, caoba y roble (Ovalles *et al*., 2002; Munro-Olmos *et al*., 2005; Quinto *et al*., 2009). No obstante, la cantidad de nutrientes y compuestos dependerá de la madurez del fruto,

a menor madurez mayor concentración de nutrientes, entre ellas las citoquininas (Quinto *et al*., 2009). Por lo que probablemente el bajo porcentaje de germinación de las semillas en los experimentos realizados con el tratamiento de agua de coco (T5 y T6) se debe a dos razones: 1) las características fisiológicas de la semilla no permitieron que las fitohormonas actuarán como promotoras de la germinación y 2) la madurez del fruto del coco influyo en la cantidad de citoquininas.

Sin embargo, al comparar el efecto del agua de coco en cada una de las variedades se observa que en *O. pyramidale* variedad típica no hay diferencias significativas en los tratamientos de inmersión en agua a ebullición (T3 al T6, Figura 4) pero el porcentaje de germinación expuestos a un periodo de inmersión en agua a ebullición en 10 s (T4= 64.58 % y T6= 71.87 %) fue mejor cuando se aplicó el agua de coco incrementándose un 7.29 %. En cuanto a *O. pyramidale* var. *bicolor* si presento diferencias en los tratamientos de inmersión en agua a ebullición en 3 s (T3= 66.67 % y T5= 61.46 %) y 10 s (T4= 34.37 % y T6= 39.58 %) pero el porcentaje de germinación fue menor a los 10 s, por lo que es probable que *Ochroma pyramidale* var. *bicolor* sea más susceptible al periodo de tiempo en agua a ebullición (10 s) y que en *Ochroma pyramidale* variedad típica si sea necesario la aplicación de tratamientos germinativos para comenzar con la germinación de sus semillas.

Probablemente, también los bajos porcentajes de germinación alcanzados en este estudio en comparación a otros trabajos, respondan a que las semillas de ambas variedades tenían un año de almacenamiento.

Crecimiento en parcelas experimentales

El crecimiento en altura y diámetro basal de las dos variedades de balsa en sitio 2, sobrepasa por mucho, a los valores alcanzados por estas dos variedades en el sitio 1. Es posible que esta diferencia en el crecimiento en altura y diámetro basal para ambas variedades se deba a las características físicas y químicas de los suelos de cada sitio. El estudio realizado de las muestras de suelo de cada sitio refleja las diferentes características, donde Frontera Corozal presenta una textura arcillosa, cuenta con un mayor porcentaje de MO, Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Arena, Arcilla y un mayor intercambio catiónico (CIC), en ambas profundidades: 10 cm y 10-30 cm, caso contrario del Ejido El Sacrificio donde estas características del suelo son menores a la profundidad de 10-30 cm. Según Fernández *et al*. (2006) el nivel de CIC (capacidad de intercambio catiónico) es la capacidad del suelo para retener e intercambiar diferentes elementos minerales, la cual aumenta notablemente con la presencia de materia orgánica. Sierra y Rojas (2003) mencionan que la materia orgánica (MO) juega un papel primordial para procurar la fertilidad del suelo por su aporte en los macro y micro nutrientes. El Fósforo (P), el Nitrógeno (N) y el Potasio (K), son los macronutrientes requeridos por las plantas para un crecimiento óptimo (Sierra y Rojas, 2003). Por lo que, las características del suelo permiten explicar el crecimiento de las plantas en determinadas condiciones, en este caso las condiciones del suelo posiblemente influyeron de manera considerable en el crecimiento en diámetro basal y altura en cada sitio.

Douterlungne (2005) registró en un periodo de un año que los árboles de balsa alcanzaron una altura promedio de 7 m y un diámetro a la altura del pecho de 10.6 cm. Es posible que este alto crecimiento responda a la calidad del suelo donde

se puso el experimento (textura arcillosa, buen drenaje y alta CIC). En este estudio en el sitio 1 el crecimiento de las plántulas fue menor probablemente debido a que conforme creció la raíz a mayor profundidad, la MO fue menor y así como los macronutrientes de N, P y los niveles de CIC, este último afecto el intercambio de minerales aunado al estrés hídrico provocado en la temporada de seca. Luna-Flores *et al.* (2012) menciona que "la poca disponibilidad de agua en el suelo puede ocasionar que la transpiración exceda el agua absorbida por las raíces, lo que se conoce como estrés hídrico", y sus principales efectos sobre el crecimiento son: la reducción en la altura, tallo, raíces, área foliar, peso foliar específico y biomasa de la planta.

Vocalia (2007) y Rizzo (2007) mencionan que los suelos recomendados para el cultivo de balsa deben tener buen drenaje, buena disponibilidad de humedad, textura franca, franco arenoso o franco limoso. La balsa demanda una rica provisión de nutrientes, de hecho, se reporta que los árboles de balsa mueren con facilidad debido a las inundaciones. La balsa coloniza suelos arcillosos, margosos y limosos, pero no tolera los suelos de alta salinidad (Vocalia, 2007 y Rizzo, 2007). En las parcelas experimentales de este estudio la textura del suelo en el sitio 1 fue Franco limoso – Franco y la del sitio 2 Arcilloso, probablemente por esta razón la balsa se estableció en estas condiciones, no obstante, se puede determinar que el crecimiento de altura y diámetro basal posiblemente depende de otras características del suelo, entre ellas el CIC (Cuadro 2).

Al comparar los sitios se observa diferencias significativas en altura como en diámetro basal. *Ochroma pyramidale* var. *bicolor* alcanzó en el sitio 1 hasta 2.40 m de altura y 5 cm de diámetro basal, mientras que el sitio 2 incluso 5.81 m de altura

y 10.2 cm de diámetro basal. *Ochroma pyramidale* variedad típica obtuvo en el sitio 1 hasta 1.77 m de altura y 5 cm de diámetro basal y en el sitio 2 incluso 5.4 m de altura y 14 cm de diámetro basal. Sin embargo, dentro de cada sitio no se presentan diferencias significativas, posiblemente debido a la varianza intrínseca presente en las parcelas.

Crecimiento en condiciones de vivero

Algunas plántulas de la variedad típica de *Ochroma pyramidale* variedad típica obtuvieron a las 11 semanas del trasplante en vivero hasta 30 cm de altura y 0.8 cm de diámetro basal, mientras que algunas plántulas de *O. pyramidale* var. *bicolor* obtuvieron hasta 28 cm de altura y 0.7 cm diámetro basal. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en el crecimiento en altura ni diámetro basal.

En la región de Marqués de Comillas (Chiapas, México) se sembraron semillas de dos especies arbóreas pioneras nativas (*Cecropia peltata* y *Ochroma pyramidale*) en parcelas de 100 x 20 m, en seis diferentes pastizales abandonados, después de dos semanas, casi todas las semillas habían sido consumidas por insectos (principalmente hormigas) y muy contadas plántulas (*O. pyramidale*) llegaron a emerger después de un mes (Martínez-Ramos y colaboradores, datos no publicados). Por lo que, podría decirse que el vivero proporciona las condiciones óptimas a las plantas en los primeros meses de vida, además que al ser un espacio controlado evita que las plántulas sean atacadas por hongos e insectos, incluso en su defecto cuando están siendo afectadas por éstos es posible controlar el ataque al aplican fungicidas e insecticidas. Douterlungne (2005) menciona que las ventajas

del cultivo en condiciones de vivero son mayores en el crecimiento en diámetro basal, diámetro a la altura del pecho, altura total, extensión de la copa, entre otras. Las dos variedades de Ochroma evaluadas no presentaron diferencias significativas posiblemente se debe a que el substrato, luz y agua fueron iguales para ambas variedades permitiendo un crecimiento promedio similar.

Sobrevivencia

Se evaluó de manera independiente la sobrevivencia de las variedades en las parcelas experimentales y en condiciones de vivero, ya que son experimentos independientes y debido a la influencia de la edad de las plántulas.

La mortalidad de las plántulas en ambos sitios se presentó en los primeros seis meses después de haber sido trasplantadas. En el sitio 1, la principal causa de mortalidad en las plántulas puede ser atribuida a la desecación, según Román-Dañobeytia *et al.* (2007) mencionan que un efecto de gradiente ambiental relacionado con la compactación y humedad del suelo puede generar en algunas zonas condiciones contrastantes de saturación durante la estación lluviosa y de sequedad extrema durante la estación seca. Las condiciones de desecación posiblemente se incrementaron con el deshierbe, tal como lo señala Román-Dañobeytia *et al.* (2007) ya que “el deshierbe si bien reduce la competencia también ocasiona que se hagan más extremas las condiciones de luminosidad, temperatura y falta de humedad, sobre todo durante la estación de seca”. A lo anterior también se suma el bajo porte (20 cm) con el que se trasplantaron las plántulas a la parcela experimental, lo cual hizo aún más susceptibles a las plántulas a periodos cortos de

sequía. *Ochroma pyramidale* var. *bicolor* fue la variedad que soportó más esta condición extrema, por lo que obtuvo una mayor sobrevivencia, pero no se observó diferencia significativa. En el sitio 2, se presentó una mortalidad del 12% del total de las plántulas sembradas de balsa a consecuencia de que los individuos de balsa fueron cortados con machete por transeúntes ajenos al experimento.

Bajo las condiciones de vivero la sobrevivencia de las plántulas de *O. pyramidale* variedad típica alcanzaron una sobrevivencia de 99 % y *O. pyramidale* var. *bicolor* un 98 %, probablemente debido a que se proporcionaron las condiciones favorables a las plántulas en cuanto a cantidad y calidad de luz, humedad, mezcla y composición del substrato, protección contra ataque de plagas y enfermedades (Evans, 1982 y Whitemore, 1996 en Douterlungne, 2005). La poca mortalidad que se presentó en condiciones de vivero se debieron a dos condiciones: a) se evitó la desecación en temporada de sequía (no es recomendable el deshierbe de arvenses) y b) se evitó la pudrición de plántulas causadas en la temporada de lluvia. En ambas condiciones las plántulas más afectadas fueron las más pequeñas, y por consiguiente con menos número de hojas; posiblemente las plántulas con mayor número de hojas protegieron al suelo de la desecación en la temporada de seca y que en la temporada de lluvias evitaron que las raíces queden expuestas por el impacto de la lluvia en el suelo.

Densidad de la madera

La densidad es una característica importante de la madera, porque determina el valor y la utilidad de la misma, está altamente correlacionada con otras

propiedades como la resistencia mecánica, la rigidez, la conductividad térmica y el calor específico (Tuset y Duran, 1986; Da Silva *et al*., 2009; León, 2010). La baja densidad (0,1 a 0,3 g/cm³) y alta resistencia de la madera de balsa son los principales atributos que le confieren a esta especie su importancia económica a nivel mundial (Reyes *et al*., 1992; Rizzo, 2004; González-Osorio *et al.,* 2010; Nieto y Rodríguez, 2010; DRYAD, 2016). La densidad promedio obtenida en este estudio oscilo desde 0.1327 g/cm³ (*Ochroma pyramidale* variedad típica) hasta 0.1588 g/cm³ (*O. pyramidale* var. *bicolor*), sin encontrar diferencias significativas entre las variedades.

Swenson y Enquist (2008) mencionan que "el valor de densidad en la madera dependerá del área específica donde se obtenga la muestra", por lo que para los estudios de densidad se recomienda tomar las muestras a una altura de 1.30 m. Veizaga (2011) comparó muestras tomadas en diferentes secciones del arbol, estos fueron de diferentes edades y en seis sitios, en su estudio encontro que entre secciones hay diferencias significativas para dos de los seis sitios, así como entre sitios. En este estudio las muestras se tomaron a la altura del pecho (1.30 m) en árboles coetáneos (5 años) con alturas de 13 a 15 m y se encontró que no hay diferencias significativas en las dos variedades.

CONCLUSIONES

- El mayor porcentaje de germinación de las semillas para ambas variedades se obtuvo en los tratamientos de inmersión en agua a ebullición (100 ºC). En

particular *Ochroma pyramidale* variedad típica alcanza este punto con un periodo 10 s y *Ochroma pyramidale* var. *bicolor* a los 3 s.

- La balsa presenta un mayor crecimiento en suelos con buen drenaje, alta MO y CIC.
- No se encontró diferencias en el crecimiento (diámetro basal y altura) y densidad de la madera entre ambas variedades de *O. pyramidale.*
- De acuerdo con la Flora de Guatemala las variedades que los Lacandones reconocen por las características morfológicas pertenecen a *Ochroma pyramidale* variedad típica y *Ochroma pyramidale* var. *bicolor*, actualmente, en Tropicos y Plant list ambas variedades son sinonimias.

LITERATURA CITADA

Agrosoft L. 2000. Trees version 2: *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lamb) Urban. [consultada 2014 Octubre 8]. http://www.agrosoft.com.com.

Álvarez NKG, Yánez PAV. 2010. Plan de negocios para una empresa dedicada a la producción y exportación de balsa. [Tesis de Ingieniería] Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de las Americas. 94 p.

Anon. 1996. *Ochroma pyramidale*. *Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis.* 5(123): 66–68.

Anon. 2015. Ficha técnica No. 5. Balsa. [consultada 2015 Julio 5]. www.ecuadorforestal.org/download/contenido/balsa.pdf

Anon. 2015a. Ficha técnica de la madera balsa. [consultada 2015 Julio 5]. www.ecobalsa.com/.../ FICHA_ TECNICA_DE_LA_MADERA_BALSA.pdf

Breedlove DE. 1973. The phytogeography and vegetation of Chiapas (México). En: Graham A. (ed.). Vegetation and vegetational history of Northern Latin America. Elsevier. Amsterdam. P. 149-165.

Butterfield R. 1995. Desarrollo de especies forestales en tierras bajas húmedas de Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 260. 41 p.

Chave J. 2006. Medición de densidad de madera en árboles tropicales. Manual de campo. Sixth Framework Programme (2002-2006). Laboratorio de la diversidad biológica. Francia. 7 p.

Cordero J, Boshier DH. 2003. *Ochroma pyramidale* (Cav. ex La.) Urb. En: Arborles de Centroamérica. Un manual para extensionistas. OFI-CATIE. P. 733-736.

Da Silva L, Ribeiro F, Gasson P, Cutler D. 2009. Anatomia en densidad básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endémica da caatinga do Nordeste do Brasil. En: León, HWJ. 2010. Anatomía y densidad o peso específico de la madera (Anatomy and specific gravity of wood). *Revista Forestal Venezolana*. 54(1): 67-76.

Douterlungne D. 2005. Establecimiento de acahuales a través del manejo tradicional lacandon de *Ochroma pyramidale* Cav. [Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural] El Colegio de la Frontera Sur. 36 p.

Douterlungne D, Levy-Tacher SI, Golicher DJ, Dañobeytia FR. 2010. Applying Indigenous Knowledge to the Restoration of Degraded Tropical Rain Forest Clearings Dominated by Bracken Fern. *Restoration Ecology*. 18(3): 322–329.

Douterlungne D. 2013. Árboles de rápido crecimiento para la restauración ecológica y la captura de carbono en el trópico húmedo de México. [Tesis de Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable] El Colegio de la Frontera Sur. 83 p.

Douterlungne D, Thomas E, Levy-Tacher SI. 2013a. Fast-growing pioneer tree stands as a rapid and effective strategy for bracken elimination in the Neotropics. *Journal of Applied Ecoloy*. 50. (5): 757-765.

DRYAD. Global Wood Density Database. [consultado 2016 Enero 25]. http://datadryad.org/handle/10255/ dryad.235

Ecobalsa. 2010. [consultado 2015 Febrero 25]. http://www.ecobalsa.com

Evans J. 1982. Plantation forestry in the tropics. Second edition. Oxford University Press. Oxford, MA.

Fernández LLC, Rojas ANG, Roldán CTG, Ramírez IME, Zegarra MHG, Uribe HR, Reyes ARJ, Flores HD, Arce OJM. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. México. P. 69-70.

Francis JK. 1991. *Ochroma pyamidale* Cav. Balsa. In New Orleans, LA: U.S. P. 371–376.

González-Osorio B, Cervantes XM, Torres EN, Sánchez CF, Simba L. 2010. Caracterización del cultivo de balsa (*Ochroma pyramidale*) en la provincia de los ríos. Ecuador. *Ciencia y Tecnología*. 3 (2): 7–11.

Herrera-Quirós J, Alizaga-López R. 1997. Ruptura de la latencia en semillas de balsa (*Ochroma pyramidale*). Universidad de Costa Rica. *Centro para Investigaciones en Granos y Semillas*. 13 (2): 34-40.

Iglesias J, Valencia R, Buitron G, Pérez A, Cevallos D, Santiana J, Armijos C. 2008. Germinación de semillas y sobrevivencia temprana de plántulas de Balsa (*Ochroma pyramidale*): ¿crecen sus plántulas mejor en el suelo de origen? XXXII Jornadas Nacionales de Biológia. Fortaleciendo las Bases de las Ciencias Biológicas en el Ecuador.

León HWJ. 2010. Anatomía y densidad o peso específico de la madera (Anatomy and specific gravity of wood). *Revista Forestal Venezolana*. 54(1): 67-76.

Levy-Tacher SI, Golicher JD. 2004. How predictive is traditional ecological knowledge? The case of the lacandon maya fallow enrichment system. *Interciencia*. 29 (9): 496–503.

Levy ST, Nulman MA, Douterlungne D, Román DF, Golicher D, Montes de Oca A. 2007. Manejo y rehabilitación en la selva lacandona a partir de las técnicas de agricultura tradicional. *Ciencia y Desarrollo*. 3(33): 36-41.

Levy-Tacher SI, Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Román DF. 2012. Rehabilitación ecológica de áreas agropuecuarias degradadas en la Selva Lacandona: una alternativa fincada en el conocimiento ecológico tradicional maya. En: La otra innovación para el ambiente y la sociedad en la frontera sur de México. P. 248–259.

Levy-Tacher SI, Román-Dañobeytia FJ, Douterlungne D, Aguirre RJR, Pérez-Chirinos ST, Zúñiga-Morales J, Sánchez GA. 2013. Conocimiento ecológico tradicional maya y rehabilitación de selvas. En: La biodiversidad en Chiapas. P. 509–518.

Levy-Tacher SI, Vleut I, Román-Dañobeytia FJ, ArosonJ. 2015. Natural regeneration after long-term bracken fern control with balsa (*Ochroma pyramidale*) in the Neotropics. *Forests*. 6: 2163-2177.

López BDF. 2000. Estudio de tratamientos pre-germinativos, crecimiento y rendimiento de *Ochroma lagopus* Sw. a nivel de vivero y plantación. [Trabajo de diploma] Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y de Ambiente (FARENA). 53 p.

Luna-Flores W, Estrada-Medina H, Jiménez-Osornio JJM, Pinzón-López LL. 2012. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. Terra Latinoamericana. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. 30 (4): 343-353.

Martínez-Ramos y colaboradores, datos no publicados. En: Martínez-Ramos M, García-Orth X. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 80: 69-84.

Márquez, R. C. 1998. La producción agrícola de la Unión de Uniones Ejidales y sociedades campesinas de producción de Chiapas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Mendoza E, Dirzo R. 1999. Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation*. 8: 1621-1641.

Miranda F. 1952. La vegetación de Chiapas. Gobierno del Estado. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. 324 p.

Molina SJE. 2014. Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la industrialización, procesamiento y exportación de la madera de balsa como bloques encolados, al mercado de los Estados Unidos de América, ubicada en el Cantón de Santo Domingo de los Tsáchilas. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Ecuador. 109 p.

Munro-Olmos D, Ramos-Serrano J, Romero-Cadena A, Figueroa-Viera J. 2005. Paquete tecnológico para el cultivo del cocotero en el estado de Colima. En: Quinto L, Martínez-Hernández PA, Pimentel-Bribiesca L, Rodríguez-Trejo DA 2009. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 15(1): 23-28.

Nations JD, Nigh RB. 1980. The evolutionary potential of Lacandon Maya sustained-yield tropical rain forest agriculture. *Journal of Anthropological Research*. 36: 1-33.

Nieto VM, Rodriguez J. 2010. *Ochroma lagopus* Sw. En: Manual de Semillas de Árboles Tropicales. J. V. Vozzo. USDA, Forest Serv. 569 p.

Obregón C. 2005. La Balsa una especie con futuro. [consultada 2014 Septiembre 15]. http://www.revista-mm.com/rev54/especie.pdf

[OIMT] Organización Internacional de Maderas Tropicales. 2010. Evaluación de procedencias, caracterización tecnológica de la madera y estudio del mercado de madera balsa (*Ochroma pyramidale* Cav) en la Selva Lacandona, Chiapas, México. Proyecto OIMT PD 549/09 Rev.3 (I,F, -M). México. 60 p.

Ovalles JF, León LA, Vielma RA, Medina A. 2002. Determinación del contenido de aminoácidos libres del agua de coco tierno por HPLC y revisión electrónica sobre la nueva tecnología para el envasado del agua de coco. En: Quinto L, Martínez-Hernández PA, Pimentel-Bribiesca L, y Rodríguez-Trejo DA. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 15(1): 23-28.

Quinto L, Martínez-Hernández PA, Pimentel-Bribiesca L, Rodríguez-Trejo DA. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 15(1): 23-28.

Reyes G, Brown S, Chapman J, Lugo AE. 1992. Wood Densities of Tropical Tree Species. Gen. Tech. Rep. SO-89 New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 p.

Rizzo P. 2004. La balsa. En: Almagro De la Cueva PD, Jiménez JHG. 2013. Evaluación del crecimiento inicial de la balsa (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam. Urb) de dos procedencias, bajo cinco densidades poblacionales en el Cantón Santo Domingo. [Informe Técnico del Proyecto de Investigación] Escuela Politécnica del Ejercicio. Departamento de Ciencias de la vida. Ecuador. 74 p.

Rizzo P. 2007. Especies seleccionas para la forestación: eucalipto tropical, teca, melina, pino caribe, guayacán, laurel, balsa, eucalipto glóbulos y pino. En: Almagro De la Cueva PD, Jiménez JHG. 2013. Evaluación del crecimiento inicial de la balsa (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam. Urb) de dos procedencias, bajo cinco densidades poblacionales en el Cantón Santo Domingo. [Informe Técnico del Proyecto de Investigación] Escuela Politécnica del Ejercicio. Departamento de Ciencias de la vida. Ecuador. 74 p.

Rojas FG, Villers RL. 2005. Comparación de dos métodos para estimar la madera de Pinus hartwegii Lindl. Del Volcán La Malinche. *Madera y Bosques*. 11 (1): 63-71.

Rojas WC. 2003. Técnicas y prácticas en el manejo de los recursos naturales para la recuperación de los suelos degradados de la VI región. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie Actas INIA No. 23. Chile.143 p.

Román-Dañobeytia FJ, Levy-Tacher SI, Perales-Rivera HR, Ramírez-Marcial N, Douterlungne D, López-Mendoza S. 2007. Establecimiento de seis especies arbóreas nativas en un pastizal degradado en la Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Ecología Aplicada*. 6 (1-2): 1-8.

Román-Dañobeytia FJ, Levy-Tacher SI, Aronson J, Ribeiro RR, Castellanos-Albores J. 2012. Testing the performance of fourteen native tropical tree species in two abandoned pastures of the Lacandon rainforest region of Chiapas, Mexico. *Restoration Ecology*. 20(3): 378–386.

Román-Dañobeytia FJ, Castellanos-Albores J, Levy-Tacher SI, Aronson J, Ribeiro RR, y Ramírez-Marcial N. 2012a. Responses of transplanted native tree species to invasive alien grass removals in an abandoned cattle pasture in the Lacandon region, México. *Tropical Conservation Science*. 5 (2):192-207.

Salazar R. 2000. Nota Técnica No. 46: *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. En: Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Volumen 1. Serie técnica. Manual técnico No. 41. Costa Rica. CATIE. Proyecto de Semillas Forestales. Danida Forest Seed Centre.

Sandi C, Flores EM. 2010. *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex. Lam.) Urb. En: Manual de Semillas de Árboles Tropicales. Vozzo JV. USDA, Forest Serv. P. 571-573.

[SEMARNAP] Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 2005. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Montes Azules. INE/SEMARNAP. México.

[SEMARNAT] Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Especificaciones de fertilidad,

salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. México.

Sierra BC, Rojas WC. 2003. La materia orgánica y su efecto en las características físico-químicas y biológicas del suelo. Pp. 5-22. En: Carrasco JJ, Squella NF, Rojas WC. 2003. Técnicas y prácticas en el manejo de los recursos naturales para la recuperación de los suelos degradados de la VI región. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie Actas INIA No. 23. Chile.143 p.

Standley PC, Steyermark JA. 1949. Bombacaceae. En: Standley PC, Steyermark JA (Eds), Flora of Guatemala - Part VI. Fieldiana, Bot. 24(6): 386–403

Swenson NG, Enquist BJ. 2008. The relationship between stem and branch wood. Am. Journal Botanical. 95: 516–519. En: Global Wood Density Database. http://datadryad.org/handle/10255/dryad.235

The plant list. 2013. [consultado 2016 Mayo 2]. http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Ochroma

Tropicos. 2013. [consultado 2016 Mayo 2]. http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx?name=Ochroma&commonname=

Tuset R, Durán F. 1986. Manual de la Madera Comercial, Equipos y Procesos de Utilización. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo Uruguay. 688 p.

Valencia MS, Vargas HJ. 1997. Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. *Madera y Bosques*. 3 (1): 81-87.

Vázquez-Yañes C. 1974. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Swartz. *Turrialba*. 24: 176-179.

Vázquez-Yañes C. 1975. The use of a thermogradient bar in the study of seed germination in *Ochroma lagopus* Sw. *Turrialba*. 25 (3).

Vázquez-Yañes C. 1976. Notas sobre la morfología y la anatomía de la testa de las semillas de *Ochroma lagopus* Sw. *Turrialba*. 26 (3).

Vázquez-Yanes C, Orozco A, Rojas M, Sánchez ME, Cervantes V. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica. México. [consultado 2015 Junio 12] http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm

Veizaga CMA. 2011. Determinación de la densidad de madera de Balsa (*Ochroma pyramidale* Cav) en edad juvenil. Bolivia. 113 p.

Vleut I, Levy-Tacher SI, De Boer F, Galindo-González J, Ramírez-Marcial N. 2013. Can a fast-growing early successional tree (*Ochroma pyramidale*, Malvaceae) accelerate forest succession? *Journal Tropical Ecology*. 29: 173–180.

Vocalia 2007. Cultivo de la Balsa (*Ochroma lagopus*). En: Almagro De la Cueva, PD, Jiménez JHG. 2013. Evaluación del crecimiento inicial de la balsa (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam. Urb) de dos procedencias, bajo cinco densidades poblacionales en el Cantón Santo Domingo. [Informe Técnico del Proyecto de Investigación] Escuela Politécnica del Ejercicio. Departamento de Ciencias de la vida. Ecuador. 74 p.

Williams J. 1999. Estudio de las poblaciones en la selva Lacandona. Conservación Internacional. México. En: Selva Lacandona Siglo XXI. Estrategia Conjunta para la conservación de la Biodiversidad. 2002. [Documento Rector] 79 p.

Whitemore JL. 1968. Density variation in the Wood of Costa Rican balsa. En: Douterlungne D. 2005. Establecimiento de acahuales a través del manejo tradicional lacandon de *Ochroma pyramidale* Cav. [Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural] El Colegio de la Frontera Sur. 36 p.