

**UNIVERSIDAD NACIONAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA**

Rescate de especies forestales en peligro crítico de extinción en Costa Rica

**Informe final de proyecto de investigación con recursos del fondo del
Sistema 2007-FEES-CONARE
SAN JOSÉ COSTA RICA
Junio 2010**

Indice

Contenido	Páginas
Portada.....	1
Indice.....	2
Participantes.....	3
Abstract.....	5
Resumen ejecutivo.....	6
Introducción.....	7
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	8
Metodología.....	10
Resultados y Discusión.....	15
Establecimiento de jardines juveniles.....	24
Información técnica por especie.....	
• <i>Ruagea insignis</i> (Cedro cóbano).....	30
• <i>Cedrela salvadorensis</i> (Cedro colorado).....	37
• <i>Cedrela fissilis</i> (Cedro real).....	49
• <i>Platymiscium yucatanum</i> (Cristóbal).....	54
• <i>Gamanthera herrerae</i> (Sin nombre común)...	67
• <i>Paramachaerium gruberi</i> (Sangrillo).....	68
Productos del proyecto.....	83
Conclusiones y recomendaciones.....	85
Bibliografía.....	87
Agradecimientos.....	88
ANEXOS.....	89

Informe final de proyecto de investigación con recursos del fondo del Sistema 2007-FEES-CONARE

Nombre de la acción o proyecto: Rescate de especies forestales en peligro crítico de extinción en Costa Rica

Código: 023803 (Banner IAHG01) de la **UNA** (responsables)

Periodo de vigencia: 1 de enero de 2007 al 31 de diciembre 2009.

Instituciones participantes: **Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Universidad Nacional (UNA) y Universidad Estatal a Distancia (UNED)**

Responsables por institución (nombre completo, cargo, unidad donde labora, correo electrónico):

	Nombre y grado	Jornada Horas/semana	Unidad Académica y Universidad	Responsabilidades
Responsable	MSc Eugenio Corea Arias ecorea@hotmail.com	40	INISEFOR, UNA	Coordinador general administrativo y científico
Investigador	Dr. Roberto Cordero ticolamb@gmail.com	10	CIENCIAS BIOLÓGICAS, UNA	Investigación en enraizamiento de estacas juveniles.
Investigador	MSc. Elizabeth Arnáez Serrano earnaez@itcr.ac.cr	8	BIOLOGÍA, ITCR	Estudios fenológicos y ontogénicos
Investigador	MSc. Ileana Moreira imoreira@itcr.ac.cr	8	BIOLOGÍA, ITCR	Estudios fenológicos y ontogénicos
Investigador	Dra. Ana Abdelnour Esquivel aabdelnour@itcr.ac.cr	10	BIOLOGÍA, ITCR	Crioconservación- Micropropagación
Investigador	MSc. Fiorella Donato fdonato@uned.ac.cr	10	EDUCACIÓN AMBIENTAL, UNED	Divulgación
Asistente de campo	Oldemar Baeza Sandí	40	INISEFOR, UNA	Exploración de campo, control fenológico, recolección de semillas, plantaciones
Agropecuario	Wilson Azofeifa Delgado	40	INISEFOR; UNA	Escalador del árboles, trabajador de vivero

Responsables por institución

M.Sc. Eugenio Corea Arias, Profesor II, Coordinador Conservación y Mejoramiento Genético Forestal, INISEFOR, UNA, Telefax: 2237 4151, ecorea@hotmail.com

M.Sc. Elizabeth Arnáez Serrano, Especialista en Biología Reproductiva Profesora-Investigadora, Coordinadora Carrera Ingeniería en Biotecnología, ITCR. Tel: 2550-2285, Fax: 550-2700, earnaez@itcr.ac.cr

Dr. Roberto Cordero, Especialista en Ecofisiología, Profesor Investigador, Escuela de Ciencias Biológicas, UNA. ticolamb@gmail.com

M.Sc. Fiorella Donato , Centro de Educación Ambiental, UNED, tel: 2253 2121, ext. 2255 fdonato@uned.ac.cr

RESPONSABLE DEL PROYECTO

Nombre: .

Cédula:

Firma: _____

DIRECTOR(A) DE LA ESCUELA RESPONSABLE

Nombre:

Cédula:

Firma: _____

Abstract

A Costa Rican commission identified 30 forestry species in critical extinction risk. Their “populations” are mainly conformed by few adult trees, isolated or in small groups. Young trees are very rare or absent, indicating serious reproduction limitations and a high probability to be down the “viable minimal population size”. In situ conservation strategy does not guarantee their survival, even in protected areas. In 2006, INISEFOR started a project aimed to the rescue of these species, establishing ex situ genetic collections (seeds, conservation stands and juvenile gardens) and developing vegetative propagation methods. At present, INISEFOR counts on with genetic collections of *Cedrela salvadorensis*, *Platymiscium yucatanum*, *Ruagea insignis*, *Paramachaerium gruberi* and *Swietenia macrophylla*; and successful massive reproductions protocols, through rooting and acclimatization of mini-cuttings produced in juvenile gardens, achieving more than 90% of conversion rate. The results show that the methodology developed has a great potential for the rescue of the genetic variation and for the massive reproduction of endangered tropical hardwood species, making possible its reintroduction in ecosystems where they have become extinct or have suffered severe genetic erosion. Furthermore, it can be also the base for its domestication and use in many agro-ecosystems, genetic improvement programs, biotechnology, etc.”

Resumen Ejecutivo

El proyecto interuniversitario (UNA, ITCR, UNED, CONARE, 2007-2009), propuesto y coordinado por el INISEFOR, tuvo como objetivo **contribuir a la supervivencia y conservar la diversidad genética** de seis especies en peligro crítico (*Cedrela salvadorensis*, *Platymiscium yucatanum*, *Paramachaerium gruberi*, *Cedrela fissilis*, *Ruagea insignis* y *Gamanthera herrerae*), mediante la aplicación métodos de conservación y reproducción *ex situ*.

Se pudo comprobar en campo las importantes limitantes reproductivas en varias especies y poblaciones: ausencia de floración, muy pocos árboles producen semilla viable, solo en muy pequeñas cantidades y solo en algunos años. Es notoria escasez casi total de individuos árboles jóvenes. Entre las posibles razones de esta situación están: cambio climático, erosión genética, aislamiento y endogamia, ausencia de polinizadores y/o de dispersores de las semillas, falta de hábitat adecuado para las plántulas, etc.

Como resultado importante, pero preocupante, durante la ejecución del proyecto no se localizó ningún árbol de *C. fissilis* y solamente un individuo de *G. herrerae*, a pesar de la múltiples exploraciones de campo. Es muy posible que *C. fissilis* ya se haya extinguido en Costa Rica y *G. herrerae* esté prácticamente extinta. Este resultado demuestra lo grave de la situación y la pertinencia del proyecto.

Para las restantes 4 especies (*C. salvadorensis*, *P. yucatanum*, *P. gruberi* y *R. insignis*), se han geo-referenciado árboles remanentes, recolectado semilla y establecido colecciones genéticas *ex situ*. Se desarrollaron métodos exitosos de propagación sexual (semilla) y, principalmente protocolos de propagación vegetativa masiva de 2 especies, mediante el enraizamiento y aclimatación de miniestacas juveniles. El protocolo de propagación vegetativa para *R. insignis* está aún en desarrollo.

Como actividad adicional del proyecto, se estableció un rodal de conservación genética de *Swietenia macrophylla* mediante la donación por parte del CATIE de una colección de semillas de varias poblaciones de América Latina.

Los resultados obtenidos, muestran que la metodología desarrollada tiene un gran potencial para el rescate de la variación genética y reproducción de especies forestales en peligro de extinción, haciendo posible su reintroducción en ecosistemas donde hayan sufrido una fuerte erosión genética o se hayan extinguido. También sirve de base para programas de domesticación y conservación mediante su cultivo en diversos agroecosistemas, programas de mejora genética, etc.

Palabras clave: *Cedrela salvadorensis*, *Platymiscium yucatanum*, *Paramachaerium gruberi*, *Cedrela fissilis*, *Ruagea insignis* y *Gamanthera herrerae*, especies forestales, especies en peligro crítico.

Introducción

La eliminación y la explotación selectiva de grandes áreas de bosques ocurridas en las últimas décadas, ha causado la reducción drástica, la fragmentación o la desaparición de muchas de las poblaciones naturales de las especies forestales de Costa Rica.

El impacto de este fenómeno ha sido mucho mayor en especies que producen maderas preciosas de alta calidad y belleza o maderas de gran trabajabilidad y durabilidad; en especies cuyas principales poblaciones crecían naturalmente en áreas con suelos fértiles y topografía favorable y que han sido casi completamente deforestadas para la agricultura, ganadería, industria y urbanismo; en especies que naturalmente presentan poblaciones muy reducidas o dispersas y, en especies endémicas de distribución natural limitada.

La reducción rápida del número y tamaño de sus poblaciones ha conllevado a un alto riesgo de extinción de especies de alto valor para la humanidad y para los ecosistemas naturales, a la reducción de las poblaciones a tamaños inferiores al “mínimo viable” y a una fuerte erosión genética, con la consiguiente pérdida definitiva de genes importantes, tanto para la adaptación y supervivencia de las especies, como para su utilización por parte del hombre.

Una comisión interinstitucional costarricense (Museo Nacional, ITCR, INBio y MINAE, 2005) evaluó el estado de conservación de 90 especies forestales maderables, propuestas como amenazadas por un grupo de científicos connotados de amplia experiencia en los bosques de Costa Rica. Esta comisión utilizó la metodología y categorías de la UICN, adaptada al tamaño del país, y determinó 53 especies en peligro de extinción, de las cuales 30 se encuentran en la categoría de peligro crítico. El caso más grave identificado hasta ahora es el *Gamanthera herrerae*, especie de la cual solo se conoce la existencia de tres árboles remanentes, los cuales se encuentran en terrenos privados. Esta es una especie endémica del país, lo que implica que esos tres árboles son los únicos individuos conocidos a nivel mundial.

Como consecuencia de la evaluación de dicha comisión, se han decretado vedas para la tala de estas especies. Sin embargo, en la práctica no existen los mecanismos de control adecuados para hacer efectiva estas vedas, las cuales por lo tanto no garantizan la supervivencia de estas especies.

Es importante resaltar, muchas de las poblaciones de estas especies en peligro crítico están conformadas solamente por unos pocos individuos adultos, frecuentemente aislados o en pequeños grupos probablemente endogámicos, presentando problemas de producción de semilla, germinación, plántulas con problemas genéticos letales, como la ausencia de clorofila o reducción drástica del vigor. Todo esto ha conllevado en muchos casos a una notable escasez o

ausencia de individuos juveniles en poblaciones naturales, lo que implica el riesgo de que estemos en presencia de sus últimas generaciones.

Por otra parte, un número importante de las principales poblaciones de estas especies se encuentran fuera de las áreas silvestres formalmente protegidas, mientras que algunas poblaciones protegidas son tan pequeñas que tiene altas probabilidades de estar por debajo del tamaño mínimo viable. En este caso, el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas tampoco garantiza su supervivencia.

En Costa Rica existe un grupo importante de especies forestales en peligro crítico de extinción, cuya supervivencia no está garantizada por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (conservación *in situ*), ni por el marco legal existente. Por otra parte, los proyectos forestales existentes en el país tampoco implementan acciones concretas para asegurar el rescate de estas especies y su diversidad genética. Si no se realizan con prontitud las acciones necesarias para asegurar su recuperación genética y poblacional, estas especies podrían pasar en un futuro cercano a la categoría de especies extintas, con las lamentables consecuencias que conlleva la pérdida permanente de la biodiversidad, especialmente de especies arbóreas, que son el elemento central de nuestros bosques.

El presente proyecto planteó la implementación de una estrategia integral de conservación *ex situ* de las seis especies en mayor peligro de extinción en el país, con el fin de asegurar no solo su supervivencia, sino también la conservación de su diversidad genética. Esta estrategia integral incluyó la exploración y localización de las poblaciones y/o árboles remanentes, el estudio de aspectos básicos de su biología reproductiva y la recolección de semilla. También se buscó desarrollar métodos de reproducción de arbolitos adecuados a las características biológicas de cada especie.

Objetivo general:

Asegurar la supervivencia y conservar la diversidad genética de especies forestales nativas que se encuentran en peligro crítico de extinción en Costa Rica.

Objetivos específicos

1. Ubicar y georeferenciar las poblaciones y árboles remanentes en campo.
2. Establecer un Rodal de Conservación que contenga una adecuada representación de la variación genética .
3. Establecer colecciones de germoplasma de respaldo para cada especie, según las necesidades y características biológicas

Alternativamente:

- Colecciones de semillas
 - Colecciones en jardines juveniles.
4. Conocer aspectos básicos de los ciclos reproductivos de las especies.
 5. Conocer el proceso ontogénico juvenil de cada especie.
 6. Desarrollar métodos de producción masiva de árboles, de acuerdo a las necesidades y las características biológicas de cada especie.
 7. Integrar y sumar fortalezas de las diferentes universidades estatales, unidades académicas y científicos involucrados en la conservación de la biodiversidad.
 8. Transferir el germoplasma, el conocimiento y la tecnología generada.

Metodología

El trabajo se llevó a cabo de enero del 2007 a diciembre del 2009, con la participación de funcionarios de tres universidades estatales (ITCR-UNA-UNED) e incluyó el estudio de las siguientes especies forestales:

- *Paramachaerium gruberi* (Sangrillo)
- *Gamathera herrerae* (Sin nombre común)
- *Ruagea insignis* (Cedro cóbano)
- *Cedrela fissilis* (Cedro real)
- *Cedrela salvadorensis* (Cedro colorado)
- *Platymiscium yucatanum* (Cristóbal)

A continuación se describen brevemente los pasos a seguir para la ejecución del proyecto, indicando entre paréntesis la unidad ejecutora y responsable de cada uno de ellos.

Exploración de poblaciones (INISEFOR, UNA)

Para determinar las áreas potenciales de exploración, se revisaron las colecciones de herbarios para determinar ubicación de los sitios de colecta de los especímenes existentes. También se consultó a dendrólogos de amplia experiencia en campo en Costa Rica. Posteriormente se realizaron al menos dos giras mensuales de una semana (lunes a viernes) cada una a los sitios potenciales identificados y zonas aledañas ecológicamente similares. Se consultó también con pobladores de las diferentes regiones con experiencia en aprovechamiento de bosque sobre la existencia de árboles de las diferentes especies.

Debido a que frecuentemente los árboles que forman grupos aislados de una especie son parientes cercanos entre sí (vecindades endogámicas), solamente se seleccionó y georeferenció un árbol por grupo, con el fin de reducir los futuros niveles de endogamia y aumentar la variabilidad genética en la muestra de árboles georeferenciados por especie y en su futura descendencia. En los casos en que los individuos localizados eran sumamente escasos se trató en lo posible que la distancia entre árboles georeferenciados fuera de al menos 100 m.

Cada árbol ubicado y seleccionado fue georeferenciado usando GPS y se generó una base de datos para cada especie con la latitud, longitud y elevación. Con los datos recolectados se generó un mapa para cada especie.

Los árboles georeferenciados de cada especie fueron visitados periódicamente para determinar la época de producción de semillas, colectando muestras de frutos para determinar su madurez. Cuando se recolectaron semillas maduras, éstas fueron secadas al 8-10% y almacenadas en la cámara fría del INISEFOR,

cuyas condiciones oscilan entre 5 y 6 °C y 40 – 50 % de humedad relativa. Posterior al almacenamiento en la cámara se realizaron pruebas de germinación para determinar las posibilidades de almacenamiento de las especies. No se pudieron recolectar semillas viables de los árboles geo-referenciados de *P. gruberi*, por lo que, como única alternativa viable y práctica, se recolectaron plántulas existentes bajo la copa de árboles.

Parte de las semillas germinaron recién cosechadas, sin embargo se pusieron en arena de río colada, lavada y desinfectada con agua hirviendo. Se aplicó a la arena y las semillas el fungicida Vitavax al momento de poner las semillas a germinar. Se utilizaron muestras de 100 semillas, (4 rep. x 25 semillas), se determinó el porcentaje de germinación. Las semillas germinadas fueron trasplantadas a bolsas con tierra preparada. Se utilizó tierra de los horizontes superiores (orgánico y A1) de cafetal. Se realizó una mezcla de 50% de tierra, 25% de arena de río colada y 25% de lombricompost, fabricado a partir de excrementos de ganado vacuno.

Con los arbolitos producidos se establecieron jardines juveniles familiares en invernadero. Cada familia está constituida por árboles hermanos o medios hermanos, hijos del mismo árbol madre, del cual se colectó la semilla. En los jardines se mantiene por separado e identificada cada familia. Esto permitirá establecer en el futuro experimentos de campo para determinar el efecto genotípico de cada familia y de cada árbol madre. De esta manera, se podrán también seleccionar las familias de mejor comportamiento para producir y plantar material genético superior.

Los jardines, además de conservar colecciones genéticas, producen estacas juveniles suculentas, que mediante un adecuado enraizamiento y aclimatación, se convierten en arbolitos normales que pueden ser plantados en campo. Los métodos de reproducción vegetativa masiva desarrollados representan una excelente alternativa para especies que tiene problemas de producción y almacenamiento de semillas viables, en suficiente cantidad y calidad, con la suficiente continuidad y certeza.

Inicialmente se propuso como meta establecer rodales de conservación en campo. Sin embargo, la cantidad de semillas viables producidas y recolectadas fue muy escasa para todas las especies, con excepción de *C. salvadorensis*. Por este motivo, se decidió que la poca semilla recolectada fuera utilizada en el establecimiento de jardines juveniles y el desarrollo de protocolos de propagación vegetativa, que permitiera en el futuro plantar los rodales que se requieran.

Se establecieron solamente tres rodales de conservación. Dos de *C. salvadorensis*, uno en la Escuela Centroamericana de Ganadería, en Balsa de Atenas, Alajuela, y el otro en una finca del Centro Agrícola Cantonal de Hojanca, Guanacaste. Como actividad adicional al proyecto, se aprovechó la donación por parte del CATIE de una colección de semillas de *Swietenia macrophylla* (caoba). Con esta colección se plantó un rodal de conservación de caoba en Guácimo,

Limón, en la finca de la EARTH. Como norma, al crear los rodales de conservación se establece una distancia mínima entre dos árboles de la misma familia. De esta manera, los árboles vecinos no son parientes entre sí, promoviendo así la fecundación cruzada y reduciendo los niveles de endogamia, con el fin de producir semilla sana, con alta variabilidad genética. Los rodales se plantaron con un espaciamiento de de 5 x 5 m (400 árb./ha). El espaciamiento mínimo entre árboles de la misma familia fue de 15 m, siendo en la mayoría de los casos mucho mayor.

Monitoreo fenológico (CIB, ITCR-INISEFOR-UNA)

Una vez ubicadas las poblaciones y árboles, se realizaron observaciones mensuales de estado fenológico en que se encuentran, para conocer principalmente los patrones temporales en que ocurren los periodos de floración, fructificación y producción de semillas. Esto se llevó a cabo mediante la observación de características vegetativas como brotación, abundancia de follaje y características reproductivas como floración y fructificación, estimadas estas variables en una categorización de 0 a 4 donde 0 es la ausencia del fenómeno y 4 la expresión máxima del mismo, según la metodología establecida por Fournier (1974).

Estudio y descripción del proceso ontogénico de cada especie (CIB, ITCR)

Para la descripción morfológica y ontogénica se trabajó con material fresco de las plantas localizadas y otra parte del material se procesó para ser observado al microscopio electrónico.

Para ello se procesó el material para ser observado al microscopio electrónico de barrido de la Unidad de Microscopía Electrónica de la Universidad de Costa Rica. Las muestras preparadas se fijaron en Karnosky (mínimo 24 horas), esto con el fin de fijar las proteínas en el tejido. Posteriormente se lavaron las muestras tres veces por diez minutos en una solución de buffer de fosfatos, para eliminar restos del fijador, agitándolo periódicamente. Luego se le agregó tetraóxido de osmio al 1% para fijar lípidos y se dejó en una capilla de gases por dos horas. Posteriormente se lavó en una solución de buffer tres veces, diez minutos cada una.

Después de lavar se deshidrataron las muestras por medio de una serie ascendente de alcoholes. Luego se llevó a secado crítico donde hay un equilibrio entre líquido y gas a una presión y temperatura determinada, pasando de alcohol a CO₂ líquido y luego a vapor, con el fin de que el material no pierda la forma pero que a la vez vaya al microscopio sin muestras de humedad. Después se le hizo un baño de oro por tres minutos, la muestra se sacó del cobertor y se montó en una platina con cinta adhesiva. Se hicieron líneas de plata de la muestra hacia el exterior de la platina con el fin de que fluyan los electrones cuando se observa al microscopio.

Una vez seco el material, se observó en un microscopio de barrido (Scanning S-570)

Desarrollo de protocolos para de producción masiva de arbolitos mediante el enraizamiento de estacas suculentas juveniles (INISEFOR-UCR)

A partir de las plantas en los jardines de reproducción se realizó un experimento para la determinación de las condiciones óptimas para la producción de raíces en estacas suculentas juveniles de *Cedrela salvadorensis* y *Platymiscium yucatanun*. Se estudió el efecto del tipo de sustrato, la concentración de la fitohormona IBA (ácido indol-butírico) y la posición de la estaca en la madre donante. Se cortaron dos secciones del ápice de cada planta seleccionada arbitrariamente, para obtener dos tipos de miniestacas. La primera sección produjo una miniestaca resultado del corte de 3 a 4 cm por debajo del ápice del brote, procurando obtener una estaca con solamente un nudo debajo del ápice y su hoja correspondiente. La segunda miniestaca consistió de un corte debajo del segundo nudo (a veces debajo del tercero) del corte de la primera estaca, y su hoja correspondiente. En la mayoría de los casos, solamente una hoja permaneció en la estaca. La hoja se podó hasta lograr un área aproximada de 20 cm², lo que en general representó una reducción de más del 50% de área foliar.

Diseño experimental. El experimento consistió en un diseño de dos factores, el primero con 3 niveles de IBA (testigo, 1000 y 3000 ppm) y el segundo con dos tipos de sustrato ambos duplicados para cada tipo de miniestaca, repetido dos veces. Los dos sustratos utilizados fueron: siembra directa en la cama de arena lavada de río y siembra en contenedores comerciales de turba (Jiffy Products) para hortalizas (pH 5-6).

En el caso del experimento con *C. salvadorensis*, cada bloque contenía un total de 18 repeticiones de las 6 combinaciones de los dos factores principales, para un total de 108 plantas por bloque y un gran total de 432 plantas en todo el experimento.

Para el ensayo realizado con *P. yucatanun*, cada bloque contenía un total de 16 repeticiones de las 6 combinaciones de los dos factores principales, para un total de 96 plantas por bloque y un gran total de 384 plantas. Las estacas fueron extraídas durante las semanas siete y ocho posteriores a la siembra, siguiendo los procedimientos generales de estudios anteriores para este tipo de estacas (Tchoundjeu y Leakey 1996). El análisis estadístico final (SYSTAT8.0, Inc.) fue realizado con el promedio de las 18 plantas por combinación de los factores sustrato y AIB, ya que éstas se consideran como pseudoreplicaciones.

Desarrollo de protocolos para de producción masiva de arbolitos mediante cultivo de tejidos (CIB-ITCR, INISEFOR-UNA) y establecimiento de colecciones de semillas en crio-conservación (CIB, ITCR)

Parte de las semillas recolectadas se destinó para evaluar su potencial para ser crioconservadas. El Centro de Investigación en Biotecnología del ITCR cuenta con el equipo adecuado de crioconservación, sin embargo debido a la falta de

semillas suficientes se iniciaron los ensayos de micropropagación, como una alternativa para multiplicar material reproductivo o vegetativo colectado en el campo.

Los jardines de reproducción vegetativa aportaron el material vegetal necesario para realizar investigaciones y establecer las bases para el desarrollo de protocolos para la producción masiva de árboles mediante cultivo de tejidos. También se utilizaron semillas en estas investigaciones. El Laboratorio de Cultivo de Tejidos del INISEFOR y del CIB cuentan con personal capacitado en la micropropagación de especies arbóreas.

Divulgación de los resultados, del conocimiento, las metodologías y la tecnología generada (ITCR-UNA-UNED)

Se realizarán publicaciones sobre el conocimiento y la tecnología generada, sobre los resultados de la implementación del proyecto, sobre la metodología utilizada, así como publicaciones para la concientización sobre la situación crítica especies forestales. Se realizará un seminario-taller para presentar los avances y resultados del proyecto y discutir las estrategias de conservación forestal a seguir en el futuro. Para ello se contará con la participación del Centro de Educación Ambiental de la UNED.

En los archivos del proyecto se tiene una lista de los individuos seleccionados en diferentes zonas del país con su respectiva dirección y ubicación con GPS.

Además se participó en diferentes eventos a nivel nacional e internacional donde se divulgó los objetivos y resultados del proyecto.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se resumen los Objetivos, Metas, Actividades e Indicadores del proyecto, así como identifica a los responsables correspondientes. Cabe destacar que durante el proyecto se trabajó con más de 4 grupos organizados.

Por otra parte, debido a la ausencia de árboles en campo de 2 de las 6 especies, solo se pudo trabajar con 4 especies. Por este motivo, en aquellos aspectos que proceda, en la columna se indica un 100% de logro de lo que ha sido biológica y materialmente posible realizar.

Cuadro 1: Objetivos, indicadores y comentarios de los resultados obtenidos

Objetivos específicos	Indicadores de logro	Cumplimiento de los indicadores de logro	Comentarios generales
1. Ubicar y georeferenciar las poblaciones y árboles remanentes en campo.	1.1 Poblaciones localizadas y árboles geo-referenciados para cada especie (no se definen cantidades por la incertidumbre del estado y tamaño de las poblaciones remanentes).	1.1 Poblaciones identificadas y árboles georeferenciados para 4 especies: <i>C. salvadorensis</i> , <i>P. yucatanum</i> , <i>R. insignis</i> y <i>P. gruberi</i> . (100%)	A pesar de una búsqueda intensiva, solo se localizó un árbol de <i>G. herrerae</i> y ninguno de <i>C. fissilis</i> , indicando alta probabilidad de extinción en Costa Rica.
	1.2 Elaborar un mapa de distribución para cada especie.	1.2 Mapas elaborados para las 4 especies localizadas en campo. (100%)	
2. Establecer un Rodal de Conservación que contengan una adecuada representación de la variación genética ...	2.1 Un rodal de conservación establecido para cada especie.	2.1 Un rodal para <i>S. macrophylla</i> , establecido en EARTH, Guácimo. Dos rodales de <i>C. salvadorensis</i> establecidos, pero ambos perdidos por las razones que se exponen en columna de comentarios, (15%)	La única especie que produce suficiente semilla viable es <i>C. salvadorensis</i> . Esto posibilitó el establecimiento de dos rodales de conservación. Sin embargo, el rodal establecido en la

		<p>No fue posible establecer los rodales de conservación de las restantes especies por las razones que se exponen en la columna de comentarios.</p>	<p>ECAG fue destruido durante una práctica de curso de corta y extracción de madera, las trozas y tractores destruyeron los arboles. El otro rodal, establecido en Hojancha (CACH) fue destruido por un incendio aparentemente intencional</p> <p>Las especies presentan problemas reproductivos serios. Solo una pequeña proporción de los árboles produce semilla, en poca cantidad y solamente en algunos años. Los porcentajes de germinación son también muy bajos y, en ocasiones, nulo. Posibles razones: endogamia, aislamiento, ausencia de polinizadores, cambio climático, etc., Ante esta situación, se decidió aprovechar las pocas semillas viables que se lograron recolectar,</p>
--	--	---	---

<p>3. Establecer colecciones de germoplasma de respaldo para cada especie, según las necesidades y características biológicas</p> <p>Alternativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colecciones de semillas - Colecciones en jardines juveniles. 	<p>3.1 Una colección genética para cada especie.</p>	<p>Se cuenta con colecciones genéticas en forma de jardines juveniles para 4 especies y con colecciones de semillas de dos especies. (100%)</p>	<p>para establecer colecciones genéticas en invernadero en forma jardines juveniles. Estos también producen las miniestacas utilizadas en propagación vegetativa. La propagación vegetativa elimina la dependencia de la producción natural de semilla viable por los árboles en campo y posibilita la reproducción masiva de las especies.</p>
<p>4. Conocer aspectos básicos de los ciclos reproductivos de las especies.</p>	<p>4.1 Conocer las épocas de floración, fructificación y producción de semillas de cada especie.</p>	<p>Se registró el comportamiento fenológico reproductivo de 4 especies.(100%), de todas las especies que se localizaron en campo)</p>	<p>Por todo lo expuesto, se definió como máxima prioridad del proyecto, el establecimiento de colecciones genéticas en forma de jardines juveniles y el desarrollo de protocolos de propagación vegetativa para cada especie.</p>
<p>5. Conocer el proceso ontogénico juvenil de cada especie.</p>	<p>5.1 Proceso ontogénico de las plántulas descrito, para cada especie.</p>	<p>Se observaron y describieron los procesos morfológicos ontogénico de 3 especies y se está en proceso de descripción de la especies <i>R. insignis</i>. (75%, 3 de 4 especies)</p>	<p>Dadas la circunstancias y con base en los conocimientos y la experiencia generada, se considera que estas son las formas más</p>

<p>6. Desarrollar métodos de producción masiva de árboles, de acuerdo a las necesidades y las características biológicas de cada especie.</p>	<p>6.1 Al menos un método eficiente de producción masiva de arbolitos para cada especie.</p> <p>Alternativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vía sexual - Propagación macro-vegetativa - Micro propagación in-vitro 	<p>Protocolos de propagación macro-vegetativa desarrollados para 3 especies y uno en desarrollo.</p> <p>Métodos de producción vía sexual (semilla) para 4 especies, cuando se dispone de semillas viable.</p> <p>Los métodos de introducción de material vegetativo <i>in vitro</i> están aún en desarrollo.</p> <p>(100%)</p> <p>Un método para cada una de las 4 especies con que fue posible trabajar</p>	<p>seguras y eficientes para la conservación genética y la reproducción, es decir, para lograr el objetivo central del proyecto: la supervivencia de las especies.</p>
<p>7. Integrar y sumar fortalezas de las diferentes universidades estatales, unidades académicas y científicos involucrados en la conservación de la biodiversidad.</p>	<p>7.1 Grupo de trabajo interuniversitario integrado y consolidado para el rescate de especies forestales en peligro de extinción.</p>	<p>Se logró conformar un grupo de trabajo inter disciplinario e interuniversitario, además de integrar el uso de instalaciones, equipo y apoyo logístico.</p> <p>(100%)</p>	<p>Durante los 3 años de observación, el comportamiento fenológico reproductivo de las especie y de los árboles individuales fue errático, sin encontrar patrones anuales estables. Esto puede ser causado por anomalías climáticas o por estrategias reproductivas propias de cada especie.</p>
<p>8. Transferir el germoplasma, el conocimiento y la tecnología generada.</p>	<p>Germoplasma transferido a grupos interesados. Charlas, Ferias, Simposios, etc. 4 artículos científicos y un ".libro"</p>	<p>Charlas a caficultores de Los Santos, funcionarios del ICE, del ICAFE y del CATIE, , grupos de estudiantes universitarios y la Jornada e Investigación CONARE 2009.</p>	<p>Determinar las razones requiere</p>

		<p>Entrevistas de 1 hora sobre el proyecto en programa Universidad y Sociedad de Canales 13 y 15.</p> <p>2 Entrevistas para Telenoticias</p> <p>Entrevista para Radio Universitaria.</p> <p>Se elaboró un Banner y dos desplegables sobre el proyecto.</p> <p>Charla y presentación de Banner en III Encuentro de investigadores, 2008, Sede Central del ITCR.</p> <p>Presentación de Poster sobre "Propagación Vegetativa de Especies Forestales en Peligro de Extinción. Simposio de Conservación de Recursos Genéticos; UCR 2009.</p> <p>Participación anual en la Feria Científica-Tecnológica de la UNA.</p> <p>Participación de 3 estudiantes asistente en los procesos de Propagación Vegetativa.</p> <p>Co-elaboración de Reglamento Nacional de Semillas Forestales para la Oficina Nacional de Semillas (no programada).</p>	<p>de un proyecto de investigación adicional de varios años estudios de campo.</p> <p>Es solo hasta finales del 2009 que se logro contar con plántulas de <i>R. insignis</i> (falta de semillas), para poder hacer el estudio ontogénico.</p> <p>Hasta finales del 2009 que se logró contar con plántulas de <i>R. insignis</i> (falta de semillas), por lo que los estudios para su propagación están en desarrollo.</p> <p>No se cuenta con métodos de propagación in-vitro por las siguientes razones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) No se dispuso del medio tiempo del especialista del INISEFOR contemplado en la propuesta. 2) Por falta de semillas viables no se dispuso de suficiente
--	--	--	--

		<p>Se cuenta con bases de datos (Excel) sobre las poblaciones y árboles geo-referenciados y sobre las observaciones fenológicas realizadas.</p> <p>En proceso de elaboración Dos artículos científicos y un Documento Científico (Libro) que integra toda la información generada y resultados obtenidos.</p> <p>Se presentó propuesta de ponencia sobre los resultados del proyecto en el Congreso Mundial Forestal IUFRO, Corea, 2010, lo cual ha sido aceptada. (Financiamiento pendiente). (50%)</p>	<p>material oportunamente.</p> <p>3) Los protocolos de micro-propagación de especies forestales requieren de más años para su desarrollo.</p> <p>4) Se dio prioridad al desarrollo de protocolos de propagación macro-vegetativa, ya que se pueden desarrollar en menor tiempo, son eficientes y baratos.</p> <p>Para la segunda fase del proyecto (2010-2013) propuesta a CONARE se planteó la ampliación y consolidación de este grupo de trabajo.</p> <p>Transferencia de germoplasma: No se ha realizado la transferencia de germoplasma y arbolitos, ya que se ha dado prioridad a utilizar las pocas semillas viables recolectadas para establecer jardines juveniles y el</p>
--	--	--	--

			<p>desarrollar protocolos de propagación vegetativa masiva. Con base en estos logros, a partir del 2010 se iniciará la transferencia de material a los usuarios.</p> <p>La publicación artículos técnicos y científicos no se ha cumplido por los siguientes motivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Los problemas para conseguir semilla viable de las especies provocó retrasos significativos en el desarrollo de las investigaciones programadas. 2) El espacio de invernaderos resultó insuficiente para el desarrollo de las actividades de investigación 3) El coordinador del proyecto ha tenido como recargo, entre otras cosas, la coordinación del proyecto "Mejoramiento Genético de Caoba, II Fase" y el Impartir Cursos de
--	--	--	--

			<p>Licenciatura en la EDECA.</p> <p>4) El coordinador del proyecto ha tenido que dedicar tiempo excesivo a labores administrativas, ya que la asistente administrativa del INISEFOR tiene también un alto sobre cargo de labores.</p> <p>5) El compromiso del INISEFOR aportar un académico (1/2 T) para apoyo en vivero y campo no se cumplió en su totalidad. El apoyo solo fue esporádico en los primeros dos años y ausente en el 2009.</p> <p>6) El compromiso del INISEFOR de aportar un académico (1/2 T) para realizar estudios de micro-propagación no se cumplió. El apoyo solo fue intermitente e insuficiente.</p>
--	--	--	--

En el cuadro 2 se presentan los sitios identificados, el rango altitudinal y el número de árboles georeferenciados por especie.

Cuadro 2. Resultados de exploración

Especie	Sitios	Rango altitudinal (msnm)	Total árboles Georef.
<i>Cedrela salvadorensis</i>	Valle Central Occidental, Valle del Río Candelaria, Fila de Tilarán, Cerros de Barra Honda, Península de Nicoya.	200 - 1100	62
<i>Platymiscium aff. yucatanum*</i>	Falda este Volcán Rincón de la Vieja (Upala), Sabalito y San Vito (Coto Brus), San Carlos (Alajuela), Pejibaye (Cartago), Buenos Aires.	50 -1550	71
<i>Paramachaerium gruberi</i>	Fila Carbonera (Península de Osa)	100 - 350	32
<i>Ruagea insignis</i>	Valle del Río Reventazón (Turrialba)	600 - 1100	58
<i>Gamanthera herrerae</i>	Solo se localizó un árbol en Upala	80	1
<i>Cedrela fissilis</i>	No se localizó ninguna población, ni árbol.	---	0

* Se indica *aff. yucatanum* (afines), ya que, dada la gran similitud dendrológica de las especies del género *Platymiscium* existentes en el país, no es posible confirmar de forma completamente definitiva la identidad taxonómica de todos los árboles georeferenciados. Será necesario realizar estudios taxonómicos detallados, incluyendo genética molecular, para verificar la identidad de estos individuos y, en general, de las especies del género que existen en el país. Como excepción se puede mencionar la especie *P. parviflorum*, que es la única que solo presenta tres hojuelas en cada una de sus hojas.

Establecimiento de Jardines Juveniles de cuatro especies

En el cuadro 3 se brinda información sobre las colecciones genéticas establecidas en forma de jardines juveniles juveniles familiares.

Cuadro 3. Información sobre los jardines juvenil establecidos

Especie	No total de árboles	No. familias	Promedio Arb./familia
<i>Cedrela salvadorensis</i>	1924	42	45
<i>Platymiscium yucatanum</i>	1045	18	58
<i>Paramachaerium gruberi</i>	1811	28	65
<i>Ruagea insignis</i>	852	13	66

Las plántulas de las cuatro especies indicadas en el cuadro 2, mostraron una excelente capacidad de rebrote después de podas repetidas, con porcentaje de supervivencia prácticamente del 100% de las plantas sanas. Esto permitió el establecimiento de jardines juveniles para la producción abundante de miniestacas juveniles para producción masiva de arbolitos mediante propagación vegetativa, logrando independencia de la producción y disponibilidad de semilla sexual.

Con respecto a la variación genética de los jardines, se considera que para las especies *C. salvadorensis* y *P. gruberi*, el número de familias es adecuado, aunque siempre es recomendable incluir una muestra mayor, si existe la posibilidad, Por otra parte, es recomendable ampliar el número de familias de los jardines de *P. yucatanum* y *Ruagea insignis*, por lo menos a 25 familias no emparentadas por especie.

Con base en los jardines existentes y los protocolos de propagación vegetativa desarrollados, a partir del 2011 se producirán los arbolitos necesarios para establecer rodales de conservación de campo, así como para otros usos, tales como plantaciones en sistemas agroforestales, corredores biológicos, etc.

A continuación se muestran fotografías de los jardines establecidos y de plántulas producidas a partir estacas generadas por los mismos:



Colección genética de *Cedrela salvadorensis* (jardín juvenil recién podado)



Plántula de *Cedrela salvadorensis*



Colección genética de *Platymiscium yucatanum* (jardín juvenil)



Plántula de *Platymiscium yucatanum*



Colección genética de *Paramachaerium gruberi* (jardín juvenil).



Plántula de *Paramachaerium gruberi*



Colección genética de *Ruagea insignis* (jardín juvenil)



Plántula de *Ruagea insignis*

Establecimiento de Rodales de Conservación.

Como se mencionó antes, durante la ejecución del proyecto se decidió que las pocas semillas o plántulas que se lograron recolectar, se utilizarán para establecer jardines juveniles y desarrollar protocolos de propagación vegetativa masiva.

Cedrela salvadorensis es la única especie de la que fue posible producir suficientes arbolitos como para además de establecer el jardín se pudiera plantar rodales de conservación en campo. Se plantaron dos rodales de esta especie, uno en la finca de la Escuela Centroamericana de Ganadería en Balsa de Atenas, y el otro en finca del Centro Agrícola Cantonal Hojancha, en Hojancha, distrito central, al lado del aserradero del CACH Desafortunadamente, los dos rodales se perdieron completamente. El primero fue eliminado a los 6 meses de plantado, durante una práctica con estudiantil del curso de aprovechamiento de plantaciones de la ECAG. Se taló una plantación vecina de *Gmelina arborea* y tanto las trozas como la maquinaria pesada utilizada para la extracción “pasó por encima” de los arbolitos de rodal de conservación. El segundo rodal fue eliminado al año de edad por un incendio aparentemente provocado por empleados del aserradero del CACH, cuando quemaron residuos del aserradero vecino.

Es importante señalar, que durante la ejecución del proyecto, fue muy difícil encontrar voluntarios que aportaran terrenos para establecer rodales de conservación genética, ya que estos se plantan para la posteridad y los posibles colaboradores no están dispuestos a ceder terrenos de forma indefinida. Generalmente, los propietarios de los terrenos aspiran a aprovechar la madera lo antes posible. En el caso de las instituciones que se ofrecieron a colaborar, es notoria la falta de interés real ya que no cumplieron con los compromisos de mantenimiento y protección de los rodales.

En el futuro, será necesario utilizar terrenos que aseguren de mejor manera la permanencia de los rodales de conservación genética. También será necesario generar los fondos para garantizar su mantenimiento y protección efectivas.

Con los jardines existentes, se plantarán próximamente los rodales correspondientes.

INFORMACIÓN TÉCNICA POR ESPECIE

A continuación se presenta la información por especie, a modo de guía técnica con la finalidad de ser adaptada para publicarla posteriormente siguiendo este formato:

CEDRO CÓBANO
(*Ruagea insignis*)

Familia: Meliaceae

Nombres vulgares: Caoba, cedro cóbano

Sinónimos: no hay definidos

Distribución

Se encuentra en Guatemala, Panamá, Ecuador, Perú y Bolivia. Posee una distribución muy localizada, sólo de la zona de Turrialba y alrededores; de 500 a 800 m de altitud en la cuenca del río Tuis en Turrialba, creciendo en la ribera del río (INBio, 2005).

A pesar de que desarrolla buen tamaño, tiene buena forma y produce una madera fina (cedro cóbano), esta especie es muy escasa y poco conocida, aún por ingenieros y taxónomos forestales, así como por los madereros que aprovechan el bosque. Durante la exploración realizada por el proyecto, se le encontró principalmente en el Valle del Río Reventazón, en los alrededores de Turrialba y cantones vecinos, entre los 600 y 1000 msnm (Fig.1). Estos sitios pertenecen a la zona de vida Bosque muy húmedo Premontano Tropical, con una estación seca menor de 2 meses. Existen colectas de la especie en la falda norte y a elevaciones medias de la Cordillera Volcánica Central, en sitios como Colonia Virgen del Socorro, que no fue posible explorar debido al terremoto de Cinchona. También existen colectas en Coto Brus y en el Parque Nacional La Cangreja. Sin embargo, no fue posible explorar dichas zonas debido a un accidente de tránsito que incapacitó al asistente encargado de exploraciones durante varios meses y a que el vehículo del proyecto tuvo que ser reconstruido casi en su totalidad. A pesar de que la especie produce semilla abundantemente, durante las visitas al campo no se observó la existencia de plántulas y arbolitos jóvenes cerca de los árboles adultos, indicando la posible existencia de problemas de reproducción en esta especie. Sin embargo, es necesario ampliar las observaciones para confirmar esta hipótesis.



Figura 1 Árboles de *Ruagea insignis* en situación de riesgo, Turrialba-Costa Rica.

Usos:

Su madera se utiliza localmente.

Descripción General

Árbol de hasta 35 m de altura, ramitas glabras. Hojas paripinnadas, alternas, de 20 a 50 cm de largo; folíolos de 12 a 24, opuestos o alternos, de oblongos a lanceolados, de 11-18 por 4-7,2 cm, ápice agudo, cartáceos, glabros (Zamora *et al.*, 2000). Los folíolos presentan estomas tipo paracítico y una epidermis pubescente con tricomas filamentosos multicelulares, la cutícula presenta engrosamientos de ceras. (Figuras 2 y 3).

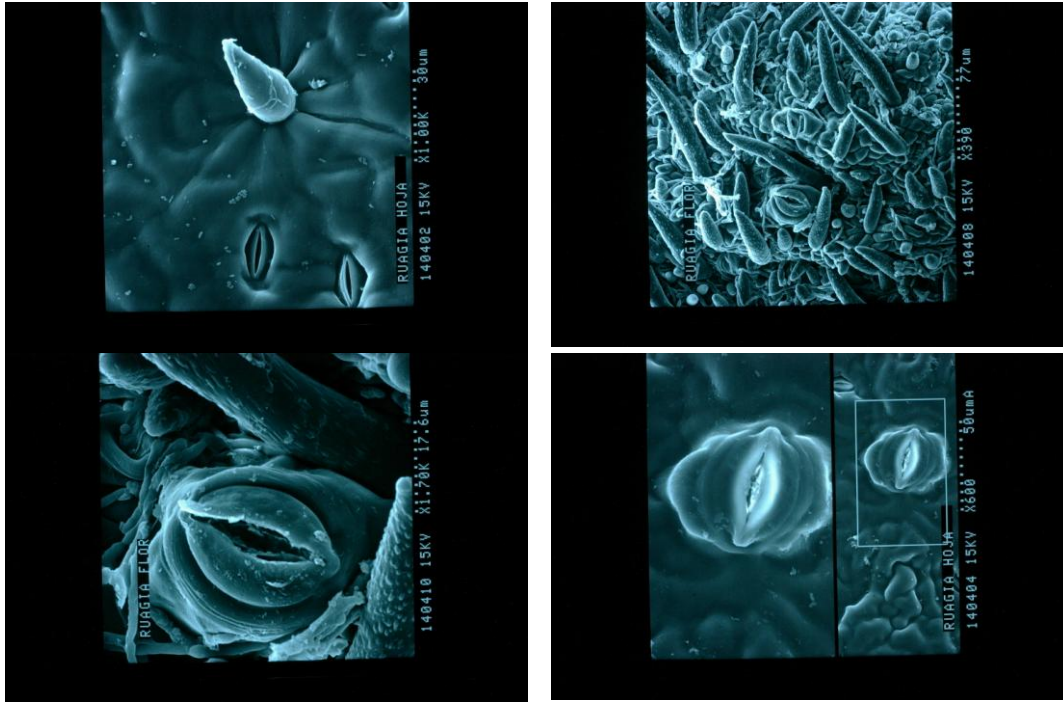


Figura 2: Tricomas filamentosos y estomas paracíticos en *Ruagea insignis* (el envés de la hoja)



Figura 3: Hoja compuesta paripinnada de *Ruagea insignis*

Inflorescencia en panícula de 8 a 15 cm de largo, glabra o diminutamente puberulenta. Flores grisáceas. Frutos tipo cápsula más o menos globosa, pardo moreno, de 3,5 a 4,5 cm de diámetro, lenticelado; semillas elipsoidales, de 1,3 a 2,5 cm de largo (Zamora *et al.*, 2000). Las flores son bisexuales, presenta un ovario súpero, anteras con polen tricolpado, los pétalos son pubescentes (Figuras 4 y 5)

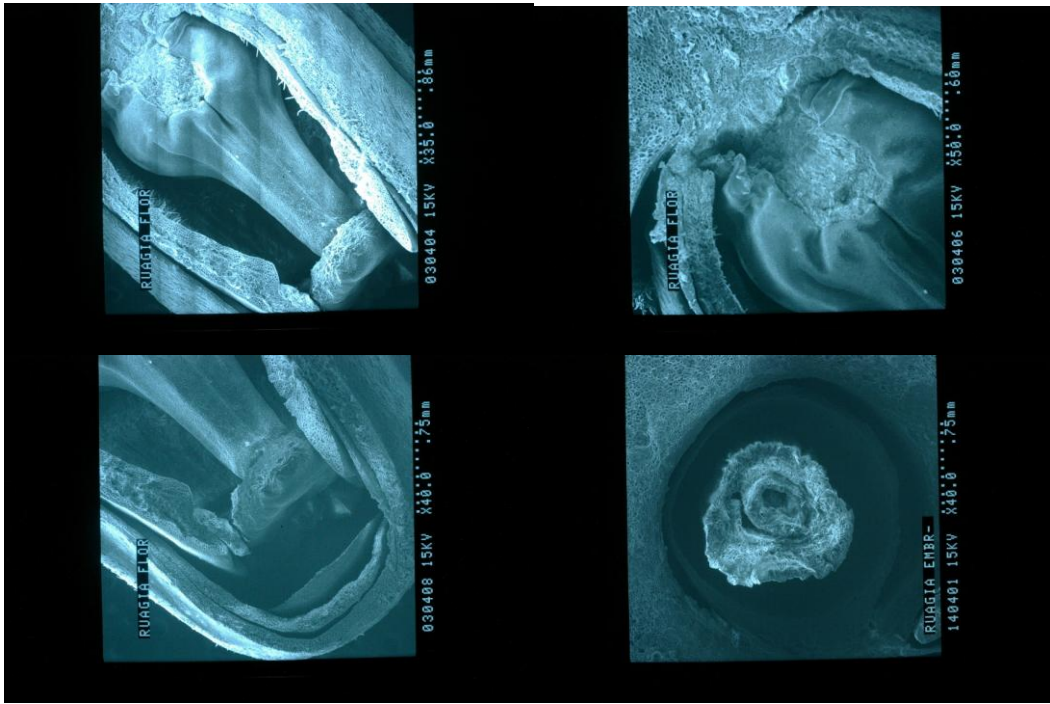


Figura 4: Ovario súpero y rudimentos seminales de *Ruagea insignis*

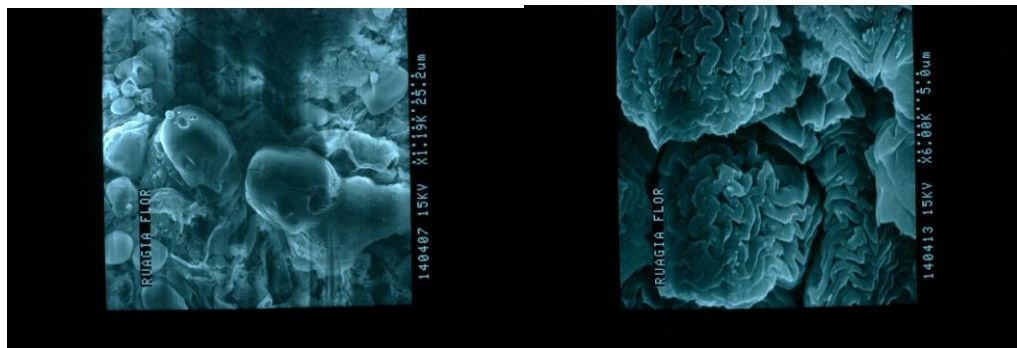


Figura 5: Gránulos de polen de *Ruagea insignis*

El fruto es una capsula carnosa dehiscente con seis semillas, una por lóculo. Cada semilla tiene una cubierta seminal, pero generalmente tiene restos de la epidermis que tapiza los lóculos del fruto. Tiene un hilum blancuzco y presenta rafe, así

como una cubierta carnosa de color rojo-anaranjado. La semilla es cotiledonar (Figura 6). El fruto presenta una superficie rugosa (INBio, 2005).

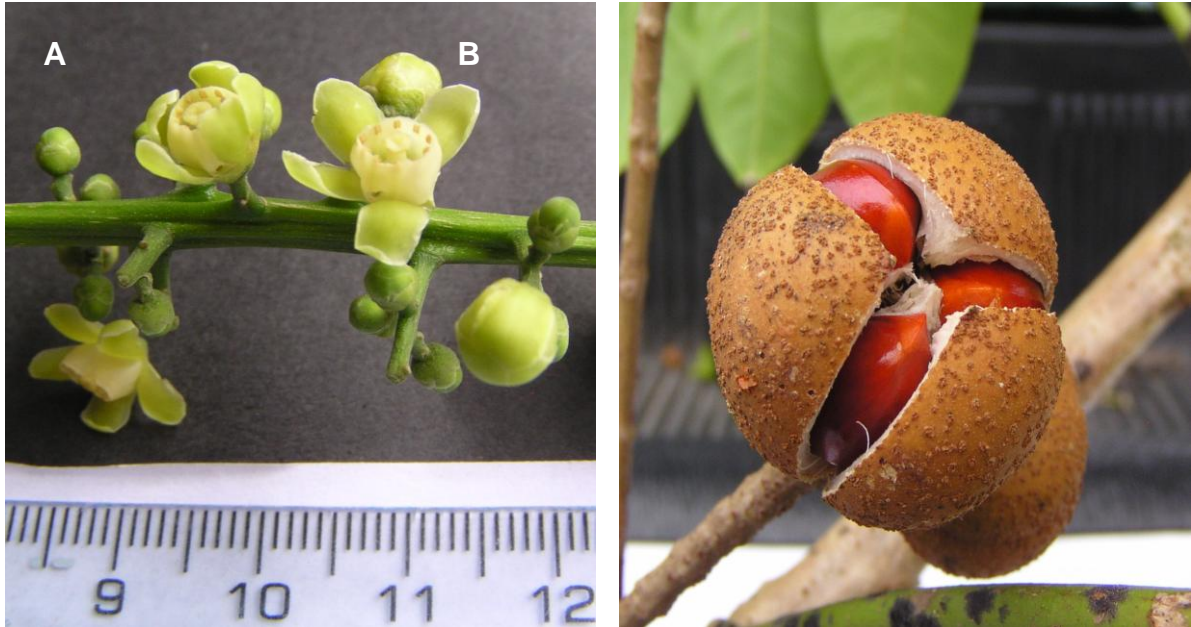


Figura 6: Flores (A) y frutos con semilla (B) de *Ruagea insignis*

Fenología y ontogenia

Esta especie presenta la floración entre los meses de febrero y abril, se notó otro pico de floración en julio. Durante el año se pueden tener tres cosechas de frutos maduro, de febrero a marzo, de julio a setiembre y de noviembre a diciembre (Fig. 7). El follaje se mantiene durante todo el año (Fig.7).

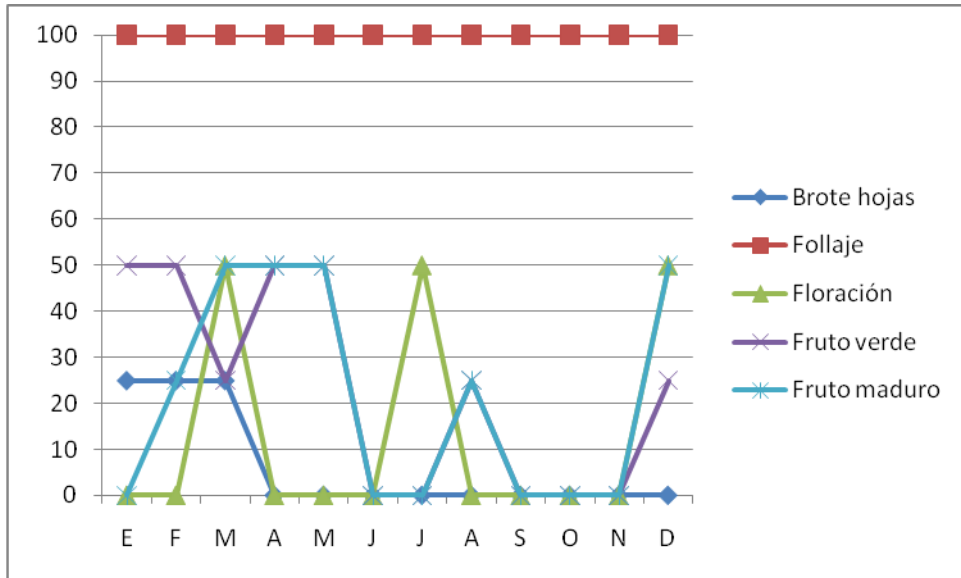


Figura 7: Eventos fenológicos en *Ruagea insignis*

Según ensayos en el laboratorio la semilla presentó un alto grado de recalcitrancia, ya que su germinación en un sustrato adecuado inicia rápidamente y no fu posible almacenarla. La semilla cotiledonar presenta una germinación hipogea donde los cotiledones quedan dentro del suelo. En los primeros estadios de desarrollo las hojas son compuestas paripinnadas o paripinnadas La plántula presenta filotaxia alterna (Fig. 8). Con pulvinos evidentes, el borde marginal de los folíolos presenta una estructura crespada. El haz es verde oscuro y el envés más claro.



Figura 8: Colección genética en el INISEFOR y plántula de *R. insignis*

Recolección, germinación y almacenamiento de semillas y plántulas

De esta especie se geo-referenciaron 58 árboles en el Valle de Turrialba. Durante el año el segundo semestre del 2008 y durante el 2009, 46 árboles produjeron frutos. En la gran mayoría de ellos la producción de semilla fue abundante. Sin embargo, muchos de los lotes de semilla recolectados no germinaron. Al parecer el secado de los frutos durante 8-10 días produjo la muerte de los embriones y la germinación fue prácticamente nula. Por otra parte, las semillas almacenadas en cámara fría, también perdieron su viabilidad completamente, según pruebas de germinación efectuadas 3 meses después de almacenadas

Es importante mencionar, que en algunos de los árboles, los frutos fueron atacados por hongos en la misma rama del árbol, antes de ser cosechados. De igual manera, a pesar de que una gran cantidad de semilla madura cayó debajo o en las cercanías de las copas de los árboles, el ataque de microorganismos fue extensivo. No se encontraron semillas germinando ni plántulas. Análisis de laboratorio, indicaron la presencia de una bacteria endógena del género *Erwinia*, que causa la muerte en invernadero de muchas plántulas recién germinando o a los pocos días.

Para próximas cosechas, se recomienda la siembra inmediata de las semillas recolectadas y la aplicación de bactericidas y fungicidas sistémicos. Con este método se lograron porcentajes de germinación del más del 95%, con semillas que se pusieron a germinar al día siguiente después de cosechadas, sin ningún secado previo. La germinación inició a los 6-7 días, de forma vigorosa y homogénea. Con las plántulas producidas de esta forma se estableció el jardín juvenil existente. Este método abre la posibilidad de que durante la próxima cosecha (2010-2011), se pueda ampliar de forma rápida el número de familias a incluir en el jardín.

Bibliografía

- INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (INBio). 2005. *Ruagea insignis* (C. DC.) T. D. Penn. Disponible en < <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=2164&-Find>> Consultado el 7 diciembre, 2009
- ZAMORA, N.; JIMÉNEZ, Q. & POVEDA, L. J. 2000. Árboles de Costa Rica. Vol II. Centro Científico Tropical, Conservación Internacional & Instituto Nacional de Biodiversidad. Ed. INBio. 374 p.

CEDRO COLORADO
(*Cedrela salvadorensis* Standl)

Familia: Meliaceae

Nombres vulgares: Cedro, cedro campanilla, cedro macho (El Salvador), cedro dulce (Costa Rica), cuachichile, nogal (México),

Sinónimos: *Cedrela poblensis* Miranda

Distribución

Se distribuye naturalmente desde México hasta Panamá, su distribución altitudinal varía de 0 a 2900 msnm . En Costa Rica: l cercanías del Valle Central (Santa Ana, Ciudad Colón, La Garita), pacífico central (Cangrejal de Acosta, Atenas, Esparza), hasta la falda pacífica de la Cordillera de Tilarán (INBio, 2004).

Ecología.

Es una especie componente del bosque tropical caducifolio a semicaducifolio, con climas húmedos a secos. Se encuentra en pequeñas áreas remanentes del bosque o en la rivera de ríos o quebradas, aunque por lo general crece en lomas o áreas bien drenadas. Crece en suelos pedregosos y calcáreos. En Costa Rica esta asociada con especies como *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea* y *Guazuma ulmifolia* (CATIE, 2001).

Esta especie se encuentra principalmente en las zonas de vida Bosque húmedo Premontano Tropical y en la transición a Bosque muy húmedo Premontano Tropical, en ambas zonas de vida en sitios con estación seca marcada de 5 a 6 meses. Se le encuentra en el Valle Central Occidental (principalmente en el “Valle del Sol”), en el Valle del Río Candelaria, en la falda oeste de la Fila de Tilarán, en los cerros de la parte baja del Valle del Tempisque y en los Cerros de la Península de Nicoya. Es más frecuente entre los 400 y 900 msnm.

Las poblaciones de *C. salvadorensis* están conformadas principalmente por individuos aislados o en pequeños grupos. Las mayores concentraciones se encuentran en la Reserva Forestal Monte Alto (Hojancha), en los alrededores de la población de Santa Ana (San José), y en la margen de la cuenca media del Río Candelaria. Estas poblaciones se están conformadas por individuos adultos y algunos con apariencia de estar sobre maduros o ancianos, siendo notoria la ausencia de individuos jóvenes y plántulas, a pesar de que la producción de semilla es abundante, y generalmente, con buena germinación. Durante las giras realizadas se pudo determinar que el hábitat natural de la especie prácticamente ha desaparecido, ya que las zonas correspondientes son las de mayor densidad

poblacional humana y prácticamente no existen bosques naturales. Es posible, que a diferencia del *C. odorata*, las plántulas de *C. salvadorensis* no se puedan establecer a campo abierto y que necesiten condiciones ambientales diferentes y específicas del bosque natural en que originalmente evolucionó la especie.

Durante las exploraciones, solamente se encontraron tres individuos jóvenes de unos 3 metros de altura, creciendo en un cafetal a unos 20 metros de distancia de un río en el que existen individuos adultos. Es probable que la protección de la plantas de café haya favorecido la supervivencia y crecimiento de estos arbolitos.

En campos abiertos aledaños no se encontraron plántulas ni individuos jóvenes. También es posible que exista una alta tasa de endogamia que pueda estar causando depresión genética. Cuando se pusieron a germinar, algunos lotes de semilla en vivero, produjeron varias plántulas sin clorofila “albinas”; que lógicamente murieron cuando se terminaron las reservas de los cotiledones. También ocurrieron plántulas faltas de vigor que no desarrollaron un tamaño normal, comparadas con otras plántulas del mismo lote de semillas. Ambos factores, la falta de hábitat natural y la depresión endogámica, parecen ser los principales causantes de los problemas de reproducción natural de la especie. Serán necesarios estudios para verificar estas hipótesis.

Usos

Su madera ha sido utilizada tal vez confundiéndola con cedro amargo. El aprovechamiento de su madera ha sido vedado mediante el decreto ejecutivo # 25700 de enero de 1997. Hasta el momento, está protegida solo en el Área de Conservación Tempisque (Parque Nacional Barra Honda) donde es muy escasa (INBio, 2004).

Se utiliza en construcción en general, ebanistería y en la elaboración de yugos para yuntas de bueyes (CATIE, 2001). Puede utilizarse para artículos torneados, marcos, puertas, ventanas y elaboración de muebles en general (ABUNDIS *et al.*, 2004).

Descripción General

Árbol caducifolio con diámetros de 30 a 80 cm; hasta 25 m de altura, fuste frecuentemente torcido, corto; copa irregular. La corteza es de color gris claro a gris oscuro con profundas grietas verticales, de color naranja y hendiduras horizontales que dividen la corteza en placas. El grosor total de la corteza varía de 8 a 10 mm. (CATIE, 2001, INBio, 2004)

Hojas compuestas alternas, paripinnadas, de 20 a 84 cm de largo; pecíolos densamente pulverulentos eje central de 13 a 84 cm de largo con seis a 12 pares de hojuelas con peciólulos de 2 a 5 mm de largo; lámina de forma ovalada elíptica, de 4 a 25 cm de largo y de 2 a 14 cm de ancho, borde liso; haz verde y glabro, envés verde claro y finamente pubescente (CATIE, 2001).

Inflorescencias en panículas ramificadas de 5 a 20 cm de largo con flores blancuzcas de pedicelos de hasta de 1 mm de largo; levemente rosadas, sésiles cáliz campanulado de 2 mm de largo; cinco pétalos blancuzcos, oblongos de 6 mm de largo, pubescentes; cinco estambres (CATIE, 2001) (Fig.1).

El ovario es súpero, constituido por cinco carpelos, a pesar de que cada flor muestra los dos sexos, hay unas que son femeninas que presentan un ovario con rudimentos y las anteras son vanas y las otras son masculinas con un ovario sin rudimentos seminales y anteras bien desarrolladas, como se muestra en la figura 1b.

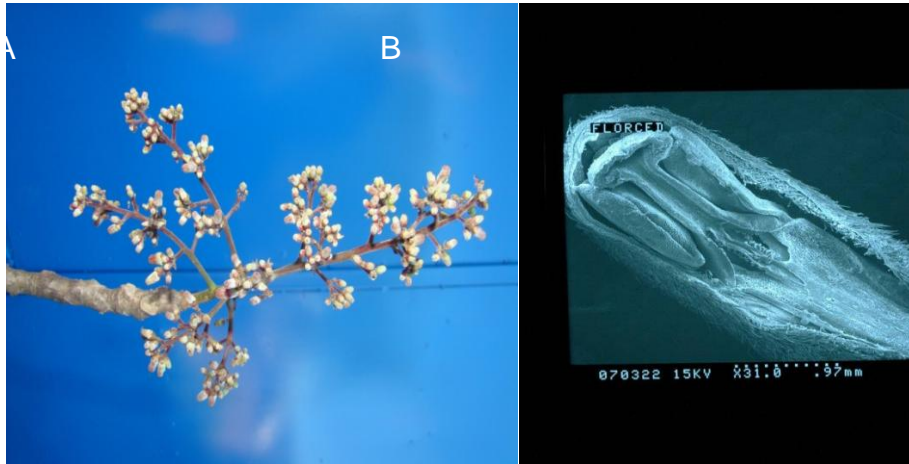


Figura 1: Inflorescencia (A) y observación al microscopio electrónico de la flor (B) de *Cedrela salvadorensis*

La superficie de los pétalos es pubescente con tricomas filamentosos y ramificados (Fig. 2).

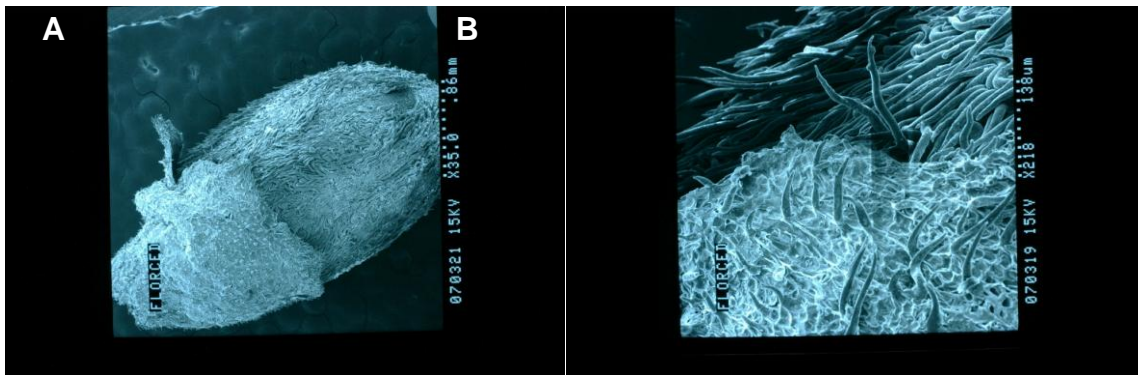


Figura 2: Brote floral (A) y tricomas (B) sobre los pétalos de *Cedrela salvadorensis*

Fruto son cápsulas leñosas, oblongas u obovoides, con 5 valvas leñosas, 7-8 mm de grueso, pardo-grisácea, verrugoso o tuberculada, 6.5-15 cm de largo; semillas

parduscas, 3.5-6 cm de largo incluyendo el ala (CATIE, 2001; INBio, 2004). (Fig. 3).



Figura 3: Frutos y semillas de *C. salvadorensis*

Fenología y ontogenia

Se observó que la floración ocurre en marzo y en octubre, mientras que los frutos maduran entre mayo y junio y en noviembre, sin embargo es posible observar frutos de las cosechas anteriores. La mayoría de los árboles se defolian de noviembre a marzo, cabe destacar que siempre presentan pocos frutos viejos tanto cerrados como abiertos (Fig. 4).

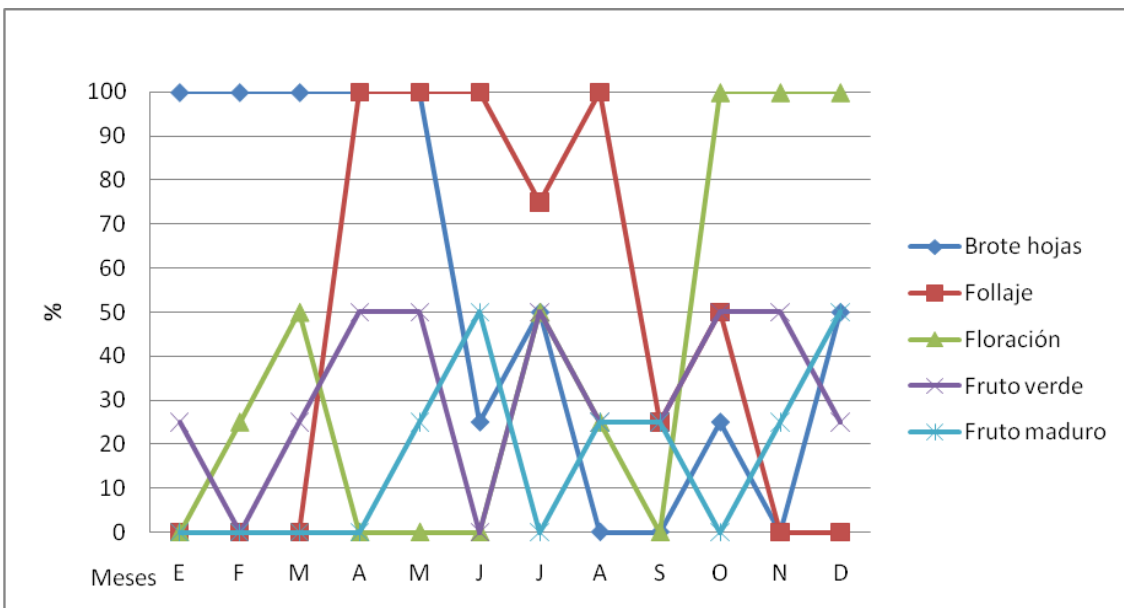


Figura 4: Fenología en *Cedrela salvadorensis*, Costa Rica

Los árboles localizados para el seguimiento fenológico se encontraban en relictos de bosque, cafetales y a orillas de caminos, en las provincias de Alajuela y Heredia de Costa Rica (Figuras 5 y 6)



Figura 5: Ubicación de especies en el campo para estudios fenológicos



Figura 6: Hábitat de *C. salvadorensis* destruido, Valle de Candelaria, Costa Rica.

Las semillas presentan un alto porcentaje de germinación, cercano al 100 %. La cubierta seminal es papirácea, la germinación es epígea y fanerocotilar, los cotiledones son carnosos y fotosintéticos. La plántula presenta hojas imparipinnadas. Se observó algunas plántulas etioladas (Fig. 7)

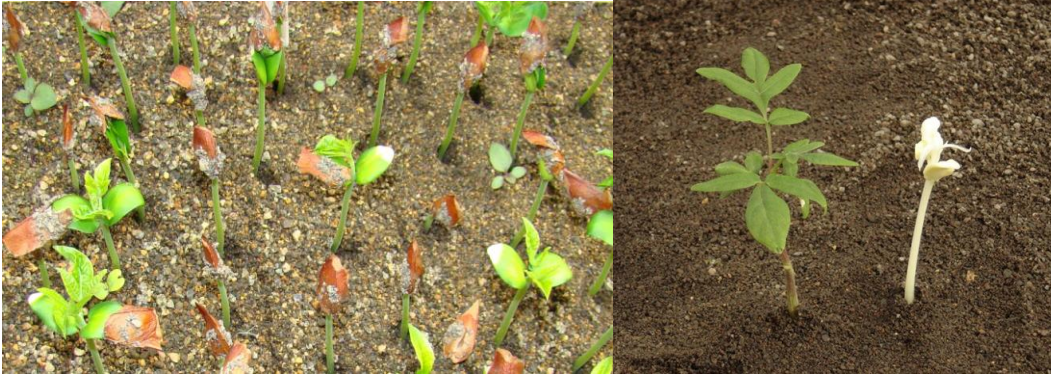


Figura 7: Germinación y plántula albina de *Cedrela salvadorensis*

Fuentes de semilla

La dispersión de la semilla es anemocórica, los frutos son colectados directamente del árbol antes del inicio de su dehiscencia. La cantidad de semillas por kilogramo varía de 24000 a 32000 semillas, además el porcentaje de germinación es semillas frescas es mayor al 90% (CATIE, 2001).

Manejo y almacenamiento de semillas

Los frutos son luego transportados en sacos al sitio de procesamiento, luego son expuestos al sol sobre lonas o mallas hasta completar su dehiscencia, y la semilla es extraída manualmente (CATIE, 2001).

Según reportes del Banco de semillas forestales de El Salvador (CEDEDOR) la semilla debe ser almacenada en recipientes plásticos herméticamente sellados en cámaras frías con temperaturas de 6 a 8 °C; bajo estas condiciones la semilla permanece viable de dos a tres años con un porcentaje de germinación del 85 al 90% (CATIE, 2001).

Crioconservación o almacenamiento a ultra bajas temperaturas (Nitrógeno líquido, NL)

Como paso inicial del desarrollo de la metodología de crioconservación para esta especie y en vista de la escasez de semillas para realizar los ensayos directos de congelación y almacenamiento de semillas en nitrógeno líquido (NL), se decidió establecer el material disponible bajo condiciones *in vitro* e iniciar la investigación conducente al desarrollo de un protocolo de crioconservación, con el desarrollo de un procedimiento que permitiera la propagación masiva *in vitro* de esta especie.

Esta estrategia implicó ampliar las actividades a desarrollar propuestas en este proyecto, de manera que en una segunda etapa del mismo, se tendrían las

condiciones necesarias para alcanzar los objetivos propuestos inicialmente que comprendían la crioconservación.

Una vez establecido el protocolo de micropropagación, se podrían iniciar los ensayos de crioconservación utilizando meristemas, ápices y yemas. Esta fue la estrategia seguida en este proyecto y los resultados se presentan a continuación.

Micropropagación:

El proceso de micropropagación comprende varias etapas: en la primera se selecciona el explante inicial (parte separada del vegetal: semillas, embriones, microestacas, ápices)), la desinfección y el establecimiento en condiciones asépticas *in vitro*; esta etapa es seguida por una fase de inducción de la brotación de ese explante inicial, la elongación y multiplicación de los brotes y finalmente se desarrollan los procedimientos para el enraizamiento *in vitro* y la obtención de vitroplantas completas.

Desinfección y establecimiento *in vitro* de semillas

Primera introducción

Para iniciar el procedimiento de desinfección, las semillas se lavaron con agua y detergente líquido (Bactex[®]) en agitación por 8 min. Para eliminar el detergente, las semillas fueron enjuagadas 3 veces con agua destilada. Seguidamente fueron incubadas en una solución de hipoclorito de sodio al 3,5% i.a. (Cloro comercial) durante 15 min. En condiciones de cámara de transferencia se realizaron 3 enjuagues de 1 min cada uno con agua destilada estéril, para luego inocularlas en un medio de cultivo con las sales minerales y vitaminas descritas por Murashige & Skoog y enriquecido con 0,5 mg/l de benciladenina (BA). Los cultivos fueron incubados en condiciones de cuarto de crecimiento a 24°C en oscuridad por 4 días, para luego ser transferidos a condiciones de 2000 Lux.

Resultados:

De las 30 semillas cultivadas, no se observó germinación. Estos resultados podrían explicarse con base en las condiciones iniciales de las semillas disponibles para el ensayo: semillas en extremo secas, probablemente su embrión estaba muerto antes de efectuar el ensayo. Se recomendó traer al laboratorio semilla de *C. salvadorensis* recién cosechada.

Segunda introducción

Para la desinfección y el establecimiento *in vitro* del segundo lote de semillas de *C. salvadorensis* se siguió el mismo procedimiento descrito en la primera introducción.

Resultados:

Los resultados obtenidos del establecimiento *in vitro* mostraron un alto número de semillas contaminadas (38 de 59 semillas desinfectadas), lo que representa el 64% de contaminación. Aún cuando el No. de semillas establecidas asépticamente es relativamente bajo (21 de 59 semillas desinfectadas), el porcentaje de semillas asépticas que fueron capaces de germinar fue del 42%. Por lo anterior, se concluyó que las semillas de este lote presentaron un porcentaje de viabilidad medianamente aceptable y que si se pudiera mantener una calidad de semillas similar, podría recomendarse hacer algunas modificaciones a la metodología de desinfección para elevar el porcentaje de semillas aséptica y por ende el porcentaje de semillas germinadas, con lo que se dispondría de mayor cantidad de material para la experimentación..

Cuadro 1: Establecimiento y germinación *in vitro* de semillas de *Cedrela salvadorensis*.

No. de semillas desinfectadas	No. de semillas Contaminadas (% contaminación)	No. de semillas establecidas asépticamente (% semillas asépticas)	No. de semillas germinadas (% de germinación con respecto a las semillas asépticas)
59	38(64)	21(35)	9(43)

Una vez germinadas las semillas, se desarrollaron las plántulas y se realizó un ensayo conducente a evaluar su respuesta a la multiplicación. Las plántulas fueron seccionadas en los entrenudos, de modo que cada explante (unidad a utilizar para la multiplicación) consistió de un nudo. Estos explantes fueron cultivados en el mismo medio de cultivo descrito anteriormente. De los explantes cultivados únicamente el 50% logró desarrollar de nuevo una plántula. Estas plántulas mostraron una evidente clorosis.

Para la segunda multiplicación se preparó el mismo medio de cultivo pero enriqueciéndolo con 300 mg/l de caseína hidrolizada. Se está en espera de los resultados. A la fecha se tiene 12 brotes *in vitro*.

Tercera introducción

Buscando alternativas para la desinfección y el establecimiento aséptico se utilizó la metodología básica de introducción, pero utilizando dos desinfecciones consecutivas con hipoclorito de sodio (NaOCl₂): la primera al 3,5% i.a. por 15 min en agitación y la segunda con el desinfectante a la mitad de la concentración por 6 min. Se procedió a sembrar las semillas enteras.

Resultados:

De las 41 semillas que recibieron el tratamiento de desinfección, 23 fueron establecidas asépticamente (56% aproximadamente) y únicamente 8 de ellas germinaron (34% del total de semillas asépticas aproximadamente). Debido a que esta especie es problemática para el almacenamiento, probablemente esta baja germinación mostrada pudo deberse a que las semillas llevaban entre 1 a 2 semanas de almacenamiento en refrigeración a 5°C y por ende pudieron perder un porcentaje de su viabilidad durante este periodo.

2.4.1 Recolección, germinación y almacenamiento de semillas y plántulas.

Cedrela salvadorensis

Durante los años 2007 y 2008, se recolectó semilla de 46 árboles de los 62 georeferenciados. Durante estos años, hubo 10 árboles que produjeron frutos, pero no se logró recolectar semilla viable. En algunos casos los frutos se abrieron temprano (diciembre) y liberaron las semillas antes de poder cosecharla. En otros casos, los frutos fueron atacados por hongos o por insectos, dañando completamente las semillas. Durante los dos años de recolección el 90% de los árboles georeferenciados (56 de 62) produjeron frutos. Actualmente se mantiene una colección de semillas de 46 familias.

La mayoría de los árboles produjeron frutos de forma abundante. Los frutos maduran principalmente entre enero y marzo y se deben de recolectar cuando empiezan a abrir, o justo antes. La semilla recién recolectada germina bastante bien, alcanzando de 90 a 100%, dependiendo del lote. Los frutos maduros todavía cerrados se pueden abrir manualmente y las semillas germinan sin problemas. Generalmente la germinación inicia entre los 10 y 15 días. Se observó que semilla almacenada durante un año en cámara fría mantiene su porcentaje de germinación, pero aumenta su energía germinativa, iniciando la germinación entre los 6 y 10 días y de forma más uniforme.

Viverización

Se reproduce por semilla. Pequeños estudios de viverización han dado como resultado más de un 90% de germinación con semilla fresca y directamente en la bolsa; sin embargo los brinzales se deben de cuidar pues son depredados por babosas (INBio, 2004).

La semilla se siembra directamente en bolsas con tierra (CATIE, 2001).



Figura 8: Colección genética en el INISEFOR y rebrotes de *C. salvadorensis* (Jardín juvenil podado)

Propagación vegetativa por miniestacas. El número de raíces por miniestacas está afectado por el tipo de estaca (apical o subapical), la adición de IBA y en menor grado por el tipo de sustrato (arena o turba) (Figura 9A). y no existe interacción entre el tipo de sustrato con la adición del regulador del crecimiento utilizado. El número de raíces promedio aumenta de dos a tres veces en los tratamientos con IBA a 1000 y 3000 ppm, respectivamente, con respecto al testigo sin AIB, en las miniestacas apicales. Esta tendencia no fue tan clara en las miniestacas subapicales, aunque sí es claro que el número de raíces siempre es mayor en los tratamientos con 3000 ppm de IBA, en ambas miniestacas y sustratos (Figura 9). La longitud máxima de las raíces fue solamente afectada por el tipo de sustrato (Figura 9B), siendo el doble en los tratamientos con turba, en ambos tipos de miniestacas y tratamientos de AIB (Figura 9)

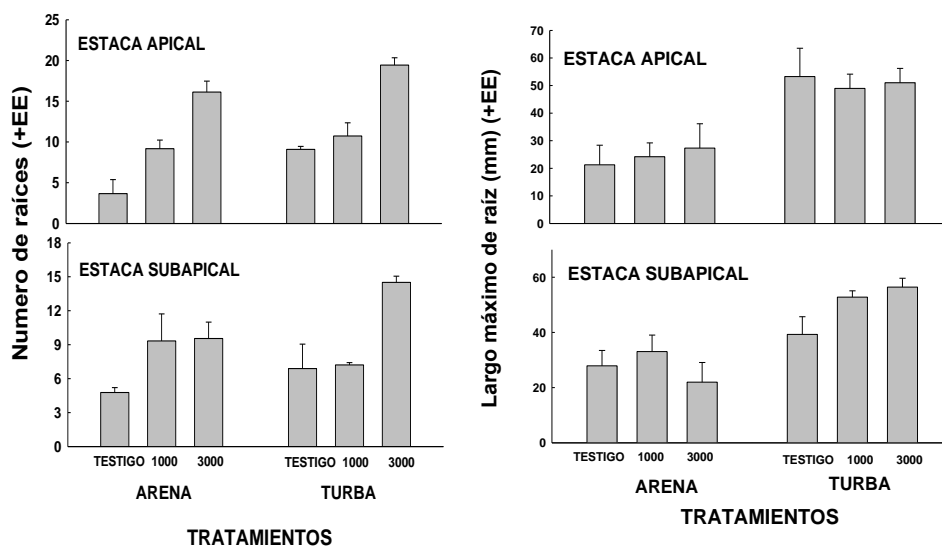


Figura 9. Promedios (+ D.E.) del número de raíces y largo máximo de raíz del enraizamiento de dos tipos de miniestacas (apical y subapical) de *Cedrela salvadorensis*, sembradas en dos tipos de sustrato (arena y turba) y bajo tres tratamientos de la fitohormona IBA (testigo, 1000 y 3000 ppm).

La producción de hojas nuevas por las miniestacas no fue afectada por el tipo de estaca ni por la adición de IBA. El número de hojas nuevas fue mayor solo en las miniestacas apicales de los tres tratamientos de AIB sembrados en turba (Figura 10). La longitud máxima foliar no fue afectada por el tipo de sustrato, ni por al concentración de fitohormona. En general, las hojas fueron 2 a 2.5 veces más largas en todos los tratamientos de las miniestacas apicales, cuyos promedios fueron todos mayores a 60 mm de largo (Fig. 10).

La figura 11 muestra ejemplos de la cantidad de raíces y hojas producidas durante el periodo de enraizamiento de las miniestacas de *C. salvadorensis*.

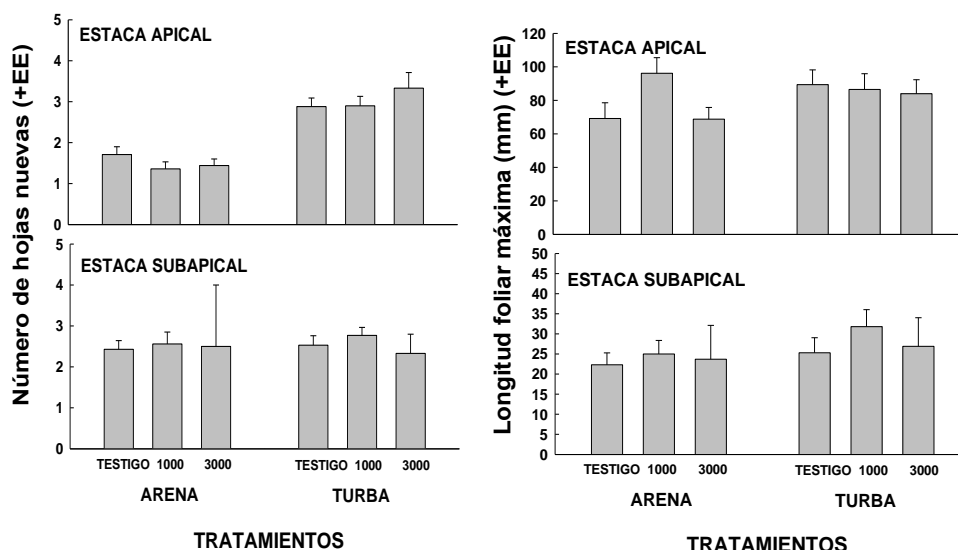


Figura 10. Promedios (+ D.E.) del número de hojas nuevas y largo máximo foliar durante el enraizamiento de dos tipos de miniestacas (apical y subapical) de *Cedrela salvadorensis*, sembradas en dos tipos de sustrato (arena y turba) y bajo tres tratamientos de la fitohormona IBA (testigo, 1000 y 3000 ppm).

Características de la madera

Albura color gris rojizo muy claro con tonalidades plateadas, duramen café rojizo claro, lustre alto, textura media, grano ligeramente entrecruzado, moderadamente dura y mediana mente pesada, presentando 0.58 de gravedad específica. La madera es pesada, con un peso específico de 0.75 g/cm³ (CATIE, 2001).

Posee una porosidad anular, poros de contorno circular a ovalado, principalmente solitarios y en grupos de 2, arreglados en cadenas radiales y en racimos. Parénquima axial en bandas marginales de 5 a 9 células de ancho; en su parénquima radial hay radios numerosos. Los anillos de crecimiento están delimitados por una banda gruesa de parénquima marginal y la mayor frecuencia de vasos (ABUNDIS *et al.*, 2004).



Figura 11: Miniestacas enraizadas y arbolito de *C. salvadorensis* producido en Jiffy de *C. salvadorensis*

Bibliografía

ABUNDIS, L.; TENORIO, P.; BARAJAS, J. 2004. Anatomía de maderas de México: Árboles y arbustos del matorral xerófilo de Tehuacán, Puebla. UNAM. pp 47-48.

INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (INBio). 2004. *Cedrela salvadorensis* Standl. Disponible en <<http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=2166&-Find>> Consultado el 7 diciembre, 2009.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE).2001. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales. (156):111-112. Disponible en <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0009S/A0009S156.PDF>> Consultado el 7 diciembre, 2009.

CEDRO REAL
(*Cedrela fissilis* Vell)

Familia: Meliaceae

Nombres vulgares: Cedro, cedro real (Costa Rica), ygary (Paraguay), cedro misionero (Argentina),

Sinónimos: no tiene

Distribución

Se encuentra desde Costa Rica hasta Argentina. Conocida solo en la zona de Tirimbina de Sarapiquí, aunque se menciona su presencia en la región de Boruca, zona sur, localidad que se debe verificar (INBio, 2004).

Es una especie que se desarrolla en el bosque húmedo tropical, desde los 400 hasta los 1200 msnm.

Descripción General

Árbol hasta 30 m. Hojas muy largas 20-65 o más cm de largo; pecíolos densamente tomentosos. Folíolos numerosos 8-24 pares, 8-15 (hasta 21) cm de largo y 2.5-5.5 cm de ancho, sésiles o subsésiles, oblongo-lanceolados a ovado-lanceolados, ápice corto-acuminado a agudo, envés densamente velutino-piloso, haz glabro y brillante. Inflorescencia lateral o subterminal, 60-80 (hasta 95) cm de largo. Flores blanco-verduscas. Frutos cápsula oblonga a obovoide (raramente piriforme), con 5 valvas leñosas, 4-7 mm de grueso, pardusca o pardo-negrusca, lenticelada, 4-8.5 cm de largo; semillas pardo-castaño, 2.5-4.5 cm de largo incluyendo el ala (INBio, 2004).

Fenología

Flores producidas entre octubre y febrero. Frutos no colectados hasta el momento (INBio, 2004).

En Paraguay la época de floración es de junio a agosto, la época de fructificación de junio a setiembre y la de cosecha es entre junio y setiembre.

Fuentes de semilla

Probablemente se reproduce por semilla, sin embargo no se han realizado estudios de germinación en vivero (INBio, 2004).

En Paraguay los frutos se colectan cuando su coloración comienza a pasar de verde a castaño y se tornan leñosos de forma manual, donde se obtienen de 8000 a 10000 semillas por kilogramo (MADERAS SUDAMERICANAS, 2009).

Manejo y almacenamiento de semillas

Luego de la colección de las semillas se deben dejar las cápsulas en lugar seco y parcialmente sombreado; cuando las cápsulas se abren se sacuden en un cajón, pues se sueltan fácilmente las semillas. Luego para el almacenamiento deben conservarse a temperatura fresca uniforme (en refrigerador) y ambiente seco para que conserven su poder germinativo por varios meses (MADERAS SUDAMERICANAS, 2009).

Viverización: No se encontraron plantas en el país para realizar estos estudios

Silvicultura en plantaciones

La siembra debe realizarse inmediatamente después de la recolección, después de la siembra debe realizarse riego abundante diariamente hasta la germinación. Se recomienda plantar cedro solamente a densidades bajas, porque una alta densidad de plantación atrae *H. grandella*; si es plantado como tocón se tiene éxito. (MADERAS SUDAMERICANAS, 2009)

Usos

Su madera es apreciada sobre todo en Sur América. En nuestro país ha sido utilizada muy localmente probablemente con fines muy parecidos a los del cedro amargo. ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN. El aprovechamiento de su madera ha sido vedado mediante el decreto ejecutivo # 25700 de enero de 1997. No se encuentra en ningún Área protegida, aunque crece muy cerca del límite del Parque Nacional Braulio Carrillo (INBio, 2004).

Elaboración de muebles finos, puertas, ventanas, contramarcos, chapas decorativas y artesanías. Es preferible preservarla para incrementar su resistencia al ataque de insectos. Es una madera de baja resistencia, por lo que no debe utilizarse en elementos estructurales sometidos a niveles altos de esfuerzo, como ser pisos de edificios, vigas, durmientes de ferrocarril y construcciones pesadas (MADERAS SUDAMERICANAS, 2009).

La madera con grano vellosa debe utilizarse preferiblemente para muebles lineales, ya que tiende a presentar problemas en la elaboración de muebles con curvaturas

Características de la madera

Madera de color amarillo rojizo, con una superficie brillante, veteado pronunciado, textura media a gruesa y grano recto, de sabor ligeramente amargo, pero sin olor característico.

Su densidad básica es de 0.32g/cm^3 , por lo que se considera liviana; su módulo de elasticidad es de 74066 kg/cm^2 , siendo este muy bajo; el movimiento de este tipo de madera es bajo (1.21%), así como también la relación de contracción (1.58). Además su dureza janka es de 217kg, su punto saturación de fibras del 29.28% y su compresión perpendicular es de 49kg/cm^2 (MADERAS SUDAMERICANAS, 2009).

Es una madera moderadamente fácil de secar tanto al aire libre como en horno, seca a una velocidad moderada, desarrollando defectos de secado moderados y ocasionalmente tiende a colapsarse. Se recomienda utilizar los programas de secado T10-D4 y T8-D3 para tablas de 1" y 2" respectivamente (MADERAS SUDAMERICANAS, 2009).

Es una madera durable, moderadamente susceptible al ataque de termitas de madera seca y otros insectos, resistente al ataque de hongos causantes de mancha azul y pudrición.

Además es muy fácil de aserrar y de trabajar con herramientas manuales, con un comportamiento muy pobre para el cepillado, con presencia de grano rasgado; excelente para el moldurado y escopleado; buena para el torneado y lijado; regular para el taladrado y muy fácil de clavar.

Por el tamaño medio de sus poros, tiende a absorber más sellador que las maderas con poro fino. Con la madera que no presenta el grano veloso se obtienen excelentes acabados y por su belleza natural es recomendable utilizar acabados transparentes, a pesar de que acepta todo tipo de tintes.

Comentarios finales

Durante la ejecución del proyecto no se localizó ningún árbol de esta especie. Existen reportes y especímenes de herbario de *C. fissilis* de la Tirimbina de Sarapiquí, Valle Central y del Valle del General. Sin embargo, en ninguna de estas regiones fue posible encontrar individuos. En opinión del taxónomo forestal Ing. Nelson Zamora (Com. pers. 2010), es posible que la especie en realidad no haya existido naturalmente en el país y que identificación de la muestras de herbario haya sido errónea. Por otra parte, debido a su gran parecido con *C. odorata*, es probable que sea confundida con esta especie en los inventarios forestales y en las acciones de aprovechamiento y comercialización. Como tercera opción, también es probable que la especie se haya extinguido en el país o

que los arboles remanentes sean muy raros muy difíciles encontrar e identificar. Serán necesarios estudios taxonómicos adicionales para aclarar esta situación.

Bibliografía

INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (INBio). 2004. *Cedrela fissilis* Vell. Disponible en < <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=2164&-Find>> Consultado el 7 diciembre, 2009.

MADERAS SUDAMERICANAS. 2009. *Cedrela fissilis*-cedro rojo-cedro de castilla. Disponible en <<http://maderasulamerica.galeon.com/productos1512849.html>> Consultado el 14 diciembre, 2009.

CRISTÓBAL

(*Platymiscium yucatanum* Standl.)

Familia: Leguminosae

Nombres vulgares: Granadillo, Hormigo, Chagame, Candona (México). Aceituno montes (El Salvador). Palo marimbo, Toncontin, Trébol (Honduras). Cachimbo, Cristóbal (Costa Rica), Quira (Panamá), Coyote, Granadillo, Guayacan trebol, Jacaranda do brejo, Koenatepi, Macacauba, Macawood, Trebal, Trebol.

Sinónimos: *Platymiscium polystachyum* Benth ex Seem., *Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand.

Distribución

Árbol originario del sur de México a través de América Central hasta Colombia y Venezuela y Trinidad y Tobago (SIRE, sf.).

Varias especies del género *Platymiscium* están distribuidas en el continente americano desde el sur de México hasta la región Amazónica brasileña (REYES *et al.* 1998).

Durante las exploraciones se geo-referenciaron 71 árboles adultos. La especie se encuentra en las zonas de vida Bosque húmedo Tropical, Bosque muy húmedo Premontano Tropical, en la transición a Bosque pluvial Premontano Tropical y en la transición a Bosque pluvial Montano Bajo Tropical, con una estación seca de 0 a 3 meses. Se localizó principalmente en la falda este del Volcán Rincón de la Vieja y en la falda sur de la Cordillera de Talamanca, cerca de la frontera con Panamá. También se encuentran individuos afines en la falda norte de la Cordillera Volcánica Central (San Carlos, Pejibaye). Tiene un rango altitudinal amplio, que va desde el nivel del mar hasta 1550 m de elevación, pudiéndose encontrar poblaciones e individuos en condiciones ecológicas muy diferentes. Por otra parte, aparentemente en las poblaciones de *P. yucatanum* los individuos jóvenes y las plántulas son escasas. Sin embargo, estas últimas se pueden confundir con plántulas de algunas especies del género *Lonchocarpus* y otros géneros similares, ya que las plántulas de *Platymiscium* tienen las hojas alternas en sus primeras etapas, pasando a ser opuestas conforme se desarrolla el arbolito. Durante las exploraciones se geo-referenciaron 71 árboles.



Árbol de *Platymiscium aff. yucatanum* en situación de riesgo, Upala.

Usos

Madera de alta dureza moderadamente fina muy utilizada en adornos, cubiertos y platos. Se utiliza para duela, lambrín, parquet, chapa decorativa, muebles finos, instrumentos musicales, mangos de herramientas, artículos para escritorio, construcción de casas y barcos (SIRE, sf.).

Descripción General

Árbol de 40 m de altura con diámetros normales de 90 cm., copa umbelada, follaje verde oscuro y denso, ramas grandes fuste recto cilíndrico (SIRE, sf.).

La reproducción de esta especie es por semilla, excepto cuando a nivel experimental se pretenden conservar o mejorar algunas características genéticas de algunos árboles (SIRE, sf.).

Fenología y ontogenia

La floración ocurre entre febrero y mayo en México. El período óptimo para la recolección de los frutos está entre mayo y julio cuando pasan de una coloración verde a café verdosa. La germinación es epigea y se inicia de 4 a 7 días después de la siembra y finaliza de 14 a 16 días (SIRE, sf.).

Los estadios fenológicos de *Platymiscium yucatanum* se observaron en diferentes individuos de la Región Huetar Norte. Esta especie ha mostrado gran diversidad en su expresión fenológica, se han obtenido dos cosechas durante el año, pero de pocos individuos.

Esta especie presentó brotes de hojas durante todo el año, pero la mayor producción se dio de mayo a diciembre. Hubo poco follaje entre los meses de enero a mayo. Los brotes florales se dieron, por lo general, en diciembre y abril y en ocasiones se observaron entre marzo y junio. Las flores se observaron de diciembre a marzo o junio y en setiembre. La maduración de los frutos se presenta de mayo a julio y en agosto o setiembre. (Fig.1).

A pesar de que los árboles de Cristóbal producen gran cantidad de frutos, estos fácilmente son depredados por loras y pericos, lo que limita en mayor grado la dispersión de la especie.

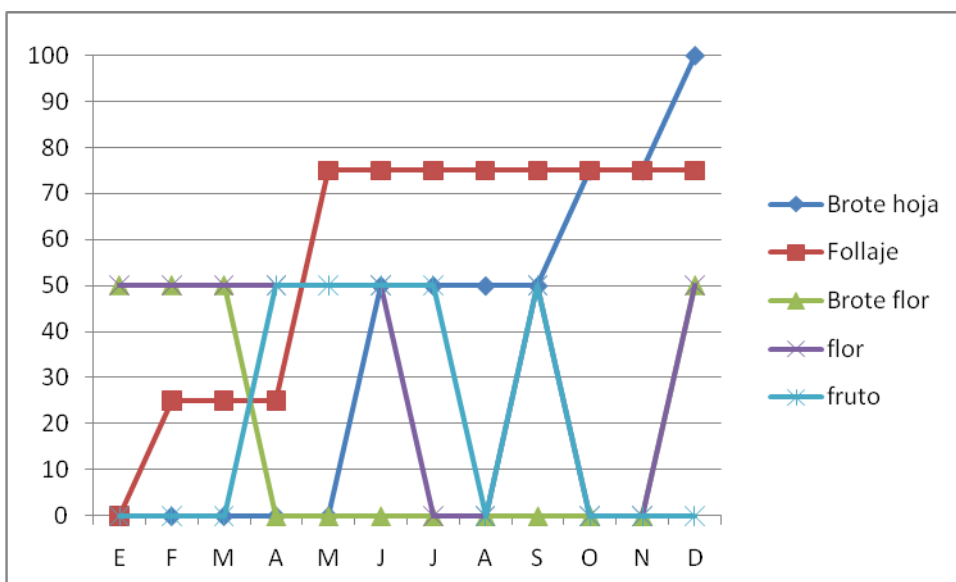


Figura 1. Evento fenológicos de *Platymiscium aff. yucatanum*

Para el seguimiento del desarrollo ontogénico se describe el desarrollo de las plántulas. Durante el desarrollo ontogénico se observan en las plántulas diferencias entre el número de hojas simples y trifoliadas, en general se muestran de 3 a 6 hojas simples y de 2 a 7 hojas trifoliadas (Fig.2).



Figura 2 : Plántula de *Platymiscium yucatanum* mostrando los diferentes tipos de hojas

En la figura 3 se muestra el meristemo y tejido foliar de Cristóbal.

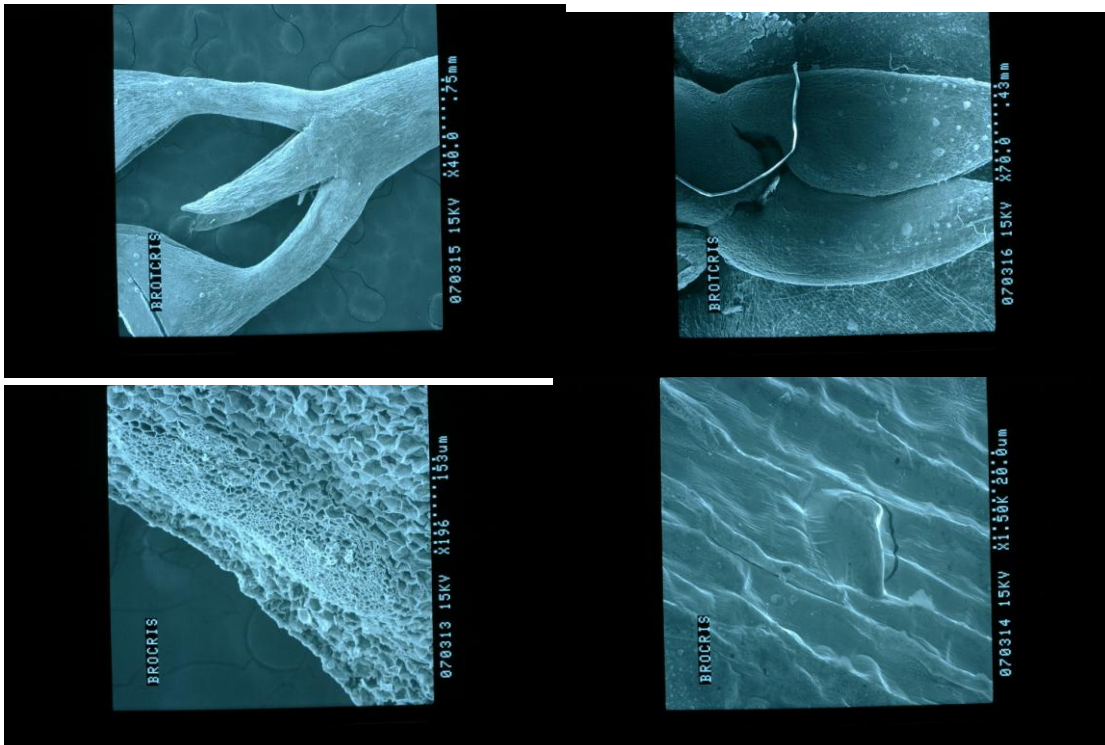


Figura 3 : Meristemo apical y tejido foliar en hoja de *Platymiscium yucatanum*

Las hojas del Cristóbal presentan estomas paracíticos en la cara abaxial, las células oclusivas son muy prominentes en la superficie de la hoja (Fig.3)

La flor se encuentra en racimos con muchas flores fasciculada, es completa, perfecta, el ovario es súpero en forma de vaina, el estilo es corto y alargado, el estigma tiene una apariencia papilosa. Las anteras tienen un filamento largo y presentan dehiscencia longitudinal. Las anteras versátiles y abiertas (Fig 3).

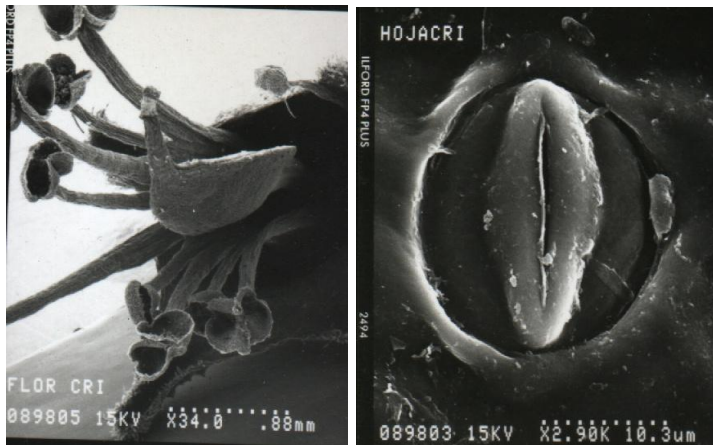


Figura 2: Piezas reproductivas en flor y estoma paracítico en hoja de *Platymiscium yucatanum*



Figura 3: Flores de *Platymiscium yucatanum*

El fruto es alado, de color pardo, por lo general presenta un solo embrión, aunque se podrían presentar hasta dos rudimentos seminales. La semilla presenta una cicatriz funicular (hilum) bastante grande. El embrión corto y central.

La germinación es epígea criptocotilar, presenta dos cotiledones foliosos y una radícula larga.

Fuentes de semilla

Preferentemente la semilla a utilizar debe provenir de árboles sanos, vigorosos y de la mejor forma posible, buscando de esta manera obtener plántulas que hereden estas características. En México se obtiene principalmente de árboles maduros, con suficiente producción de frutos en el año, en toda su área de distribución (SIRE, sf.).

Manejo y almacenamiento de semillas

El método más común para la obtención de las semillas consiste en la cosecha de los frutos en los árboles seleccionados y su posterior traslado a los centros de beneficio. El número de semillas por kilogramo varía de 7,200 a 12,000 (SIRE, sf.).

La recolección más común consiste en recoger los frutos de los árboles cuando presentan una coloración café-verdosa. Se seleccionan los árboles libres de plagas, enfermedades, bien conformados. Los frutos se transportan en sacos de yute al sitio de procesamiento.



Figura 4 : Árbol en orilla de potrero y fuste de *P. yucatanum*

Los frutos se colocan en una manta al sol y se dejan secar por dos días. Posteriormente se procede manualmente a extraer la semilla. Luego se hace limpieza de la semilla hasta quedar con un 96 % de pureza. Los pasos a seguir para el beneficio de la semilla son los siguientes: Recolección de los frutos; Etiquetado por rodales semilleros (Poblaciones). Disgregar los frutos para sacarles la semilla. Limpiar para eliminar basura e impurezas (SIRE, sf.).

El contenido de humedad inicial varía de 10 a 19 %. Almacenadas bajo condiciones ambientales las semillas pierden su viabilidad en menos de 1 mes. En cámaras frías a 5°C y 10°C y 10 % de contenido de humedad presentan porcentajes de germinación de 82 % a los 3 meses de almacenamiento. Es conveniente mezclar la semilla con algún fungicida a razón de 2 gramos por kilogramo de semilla (SIRE, sf.).

Recolección, germinación y almacenamiento de semillas y plántulas

De los 71 árboles georeferenciados de *P. aff. yucatanum*, solo 24 produjeron frutos (34%), de los cuales se logró recolectar semilla viable de 18 árboles durante los años 2007 y 2008. Los árboles restantes botaron los frutos antes de madurar o fueron atacados por insectos y aves. También se observaron algunos árboles que produjeron flores pero no desarrollaron frutos, pero no se cuantificaron. Los frutos deben ser colectados cuando su color verde se torna ligeramente amarillento. Sin embargo, la maduración no es homogénea. El porcentaje de germinación de la semilla recolectada fue muy variable entre lotes, oscilando entre 5% y 50%. El tiempo de germinación también es muy variable, pudiendo extenderse entre 4 y 8 semanas. En general, las cantidades de semillas colectadas por árbol fueron pequeñas y se utilizaron prioritariamente para establecer jardines juveniles. Por este motivo, no se almacenaron semillas en cámara fría.

Crioconservación o almacenamiento a ultra bajas temperaturas (Nitrógeno líquido, NL)

Como paso inicial del desarrollo de la metodología de crioconservación para esta especie y en vista de la escasez de semillas para realizar los ensayos directos de congelación y almacenamiento de semillas en nitrógeno líquido (NL), se decidió establecer el material disponible bajo condiciones *in vitro* e iniciar la investigación conducente al desarrollo de un protocolo de crioconservación, con el desarrollo de un procedimiento que permitiera la propagación masiva *in vitro* de esta especie.

Esta estrategia implicó ampliar las actividades a desarrollar propuestas en este proyecto, de manera que en una segunda etapa del mismo, se tendrían las condiciones necesarias para alcanzar los objetivos propuestos inicialmente que comprendían la crioconservación.

Una vez establecido el protocolo de micropropagación, se podrían iniciar los ensayos de crioconservación utilizando meristemas, ápices y yemas. Esta fue la estrategia seguida en este proyecto y los resultados se presentan a continuación.

Micropropagación:

El proceso de micropropagación comprende varias etapas: en la primera se selecciona el explante inicial (parte separada del vegetal: semillas, embriones, microestacas, ápices)), la desinfección y el establecimiento en condiciones asépticas *in vitro*; esta etapa es seguida por una fase de inducción de la brotación de ese explante inicial, la elongación y multiplicación de los brotes y finalmente se desarrollan los procedimientos para el enraizamiento *in vitro* y la obtención de vitroplantas completas.

Como material inicial se utilizaron semillas y se realizaron 3 introducciones con diferentes lotes de semillas. Para iniciar el procedimiento de desinfección, las semillas se lavaron con agua y detergente líquido (Bactex[®]) en agitación por 8 min. Para eliminar el detergente, las semillas fueron enjuagadas 3 veces con agua destilada. Seguidamente fueron incubadas en una solución de cloruro de mercurio (HgCl₂) al 0,1% por dos periodos diferentes de incubación, 10 y 20 min o En condiciones de cámara de transferencia se realizaron 3 enjuagues de 1 min cada uno con agua destilada estéril, se les cortó el borde con el fin de facilitar su imbibición y luego fueron inocularlas en un medio de cultivo con las sales minerales y vitaminas descritas por Murashige & Skoog y enriquecido con 0,5 mg/l de benciladenina (BA). Los cultivos se mantuvieron en cuarto de crecimiento a 24°C en oscuridad por 4 días, para luego ser transferidos a condiciones de 2000 Lux.

Durante la segunda introducción se utilizó el procedimiento básico de desinfección, substituyendo el HgCl₂ por dos desinfecciones consecutivas con hipoclorito de sodio (NaOCl₂): la primera al 3,5% i.a. por 15 min en agitación y la segunda con el desinfectante a la mitad de la concentración por 6 min. Se procedió a sembrar las semillas enteras.

Para la tercera desinfección, a las semillas se les realizó un lavado con agua y detergente, se enjugaron tres veces con agua. Se agregó abundante agua hirviendo y cuando el agua llegó a temperatura ambiente, las semillas fueron transferidas a un beaker que contenía agua destilada y se mantuvieron en condiciones de invernadero durante una semana. Pasado este periodo, las semillas fueron lavadas de nuevo con agua y detergente y enjugadas con agua destilada. Se incubaron en una solución acuosa que contenía 50 mg/l de ácido ascórbico y 75 mg/l de ácido cítrico durante 1 hora. Luego, las semillas fueron sumergidas en alcohol de 70° durante 2 min y seguidamente incubadas en una solución de hipoclorito de sodio al 2,6% i.a. por 10 min. Finalmente, fueron enjugadas tres veces con agua destilada estéril en la cámara de flujo laminar, y dejadas en la solución antioxidante estéril (50 mg/l de ácido ascórbico y 75 mg/l de

ácido cítrico) mientras se realizaba la siembra en el medio de cultivo correspondiente. El medio de cultivo evaluado en esta introducción fue el WPM y se evaluaron dos reguladores de crecimiento, solos y en combinación: 1 mg/l de BA (M1), 1 mg/l de GA3 (M2) y la combinación de ambos (M3).

Resultados:

Para la primera desinfección, cuando se utilizó HgCl₂, sin importar el periodo de incubación, se observó 100% contaminación de las semillas de Cristóbal y la contaminación fue fúngica. Durante la segunda introducción se observó un alto porcentaje de semillas establecidas asépticamente, sin embargo; ninguna de ellas mostró germinación. En general, las semillas cultivadas *in vitro* mostraron los signos típicos de la oxidación, semillas oscuras, medio de cultivo oscuro. El tercer lote de semillas desinfectadas presentó alrededor del 100% de explantes establecidos asépticamente, sin embargo; el porcentaje de semillas oxidadas fue de nuevo del 100%, a pesar de que el medio de cultivo fue enriquecido con antioxidantes. Con estas últimas semillas establecidas *in vitro* se procedió a aislar el embrión y cultivarlo en los medios de cultivos mencionados. Únicamente 1 embrión germinó, pero mostró deformidades.

La mayor limitante que se ha tenido para llevar a cabo esta investigación en la reducida cantidad de semillas con que se ha dispuesto para montar los ensayos. Además, la calidad de la semilla con la que se ha trabajado no es la óptima. Se comprende que este año no ha sido típico en cuanto a las condiciones ambientales, lo que sumado a que estas especies están en peligro de extinción, se puede explicar la calidad de las semillas disponibles.

Viverización

La semilla fresca germina entre 60 y 87 %. Después de 3 meses almacenada en frío germina 85 %. La germinación inicia de los 5 días después de la siembra y termina hasta los 16 días (SIRE, sf.).

Se siembra directo en envases que servirá para llevar la planta al lugar definitivo de plantación; generalmente bolsas de polietileno negro de 15 cm de diámetro por 20 cm de largo (Fig.5). Usualmente se depositan dos semillas por envase, después de la germinación se realiza un aclareo en los envases dejando sólo una planta por envase. El resto de la planta se debe trasplantar en los envases vacíos. Las características del sustrato utilizado en el vivero deben tener: textura ligera, buen drenaje, pH ligeramente ácido a neutro, presencia de nutrimentos, buena cantidad de materia orgánica y retención de humedad. También se debe llevar a cabo limpiezas para evitar la competencia de la maleza (SIRE, sf.).

Contando a partir de la siembra, la duración promedio de la planta en vivero es del orden de 4 a 5 meses, cuando alcanzan una altura de 30 a 35 cm (SIRE, sf.).



Figura 5. Colección genética en el INISEFOR y arbolito de *P. yucatanum* producido en jiffy. (Jardín juvenil).

Propagación vegetativa por miniestacas.

Número y largo máximo de raíces. En *P. yucatanum*, no hubo un efecto significativo del tipo de estaca ni el AIB en la producción de raíces, aunque ésta sí fue mayor en el sustrato tipo turba (Figura 6 izquierda). En un análisis detallado por computadora de fotografías del sistema radical en una submuestra de solo miniestacas subapicales, se midió la longitud total de raíces por miniestaca, la cual estuvo afectada por el tipo de sustrato y marginalmente por la concentración de AIB. Sin embargo, no encontramos ningún efecto en la longitud máxima de raíz (Figura 18 derecha).

En la figura 7 se aprecian ejemplos de la cantidad de raíces y hojas producidas durante el periodo de enraizamiento de las miniestacas de *P. yucatanun*.

1. Silvicultura en plantaciones

Para la preparación del terreno es necesario el rastreo previo a la plantación y cuando el suelo es profundo y con pendientes menores al 25%, se aconseja dar un paso superficial de rastra en la época de lluvias, para asegurar la sobrevivencia y desarrollo de las plantas. Luego al inicio de la plantación se debe desherbar lo más posible el sitio, especialmente el área cercana a la planta, para evitar problemas por competencia por humedad, nutrientes o luz (SIRE, sf.).

Se recomienda trazar el terreno en forma regular con espaciamientos de 2x3 m entre planta, utilizando los diseños de “tresbolillo” o “marco real” (SIRE, sf.).

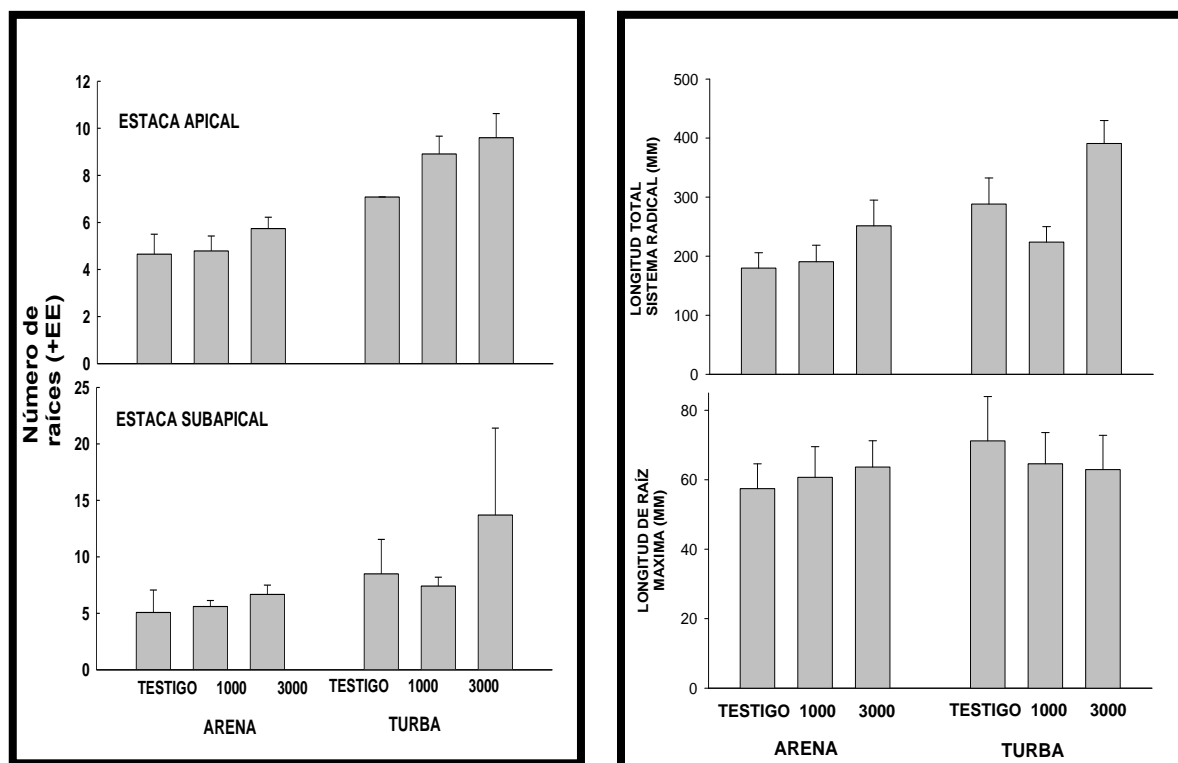


Figura 6.

Promedios (+ D.E.) del número de raíces (izq.) y de la longitud total del sistema radical (derecha.arriba) y la longitud máxima de Raíz (derecha abajo) durante el enraizamiento de dos tipos de miniestacas (apical y subapical) de *Platymiscium yucatanun* sembradas en dos tipos de sustrato (arena y turba) y bajo tres tratamientos de la fitohormona IBA (testigo, 1000 y 3000 ppm).

2. Selección y preparación de la planta en vivero

Antes del traslado al lugar definitivo se debe realizar una selección del material para utilizar únicamente plantas cuyas condiciones físicas, fisiológicas y genéticas hagan más probable su supervivencia y sano crecimiento. En este proceso se debe considerar: dimensiones, sanidad, tronco vigoroso, follaje sano, raíces abundantes y bien distribuidas, con una sola yema terminal. Los individuos que no cumplan estas condiciones deben ser rechazados (SIRE, sf.).

Se deben utilizar vehículos cerrados y trasladar a la planta debidamente cubierta para protegerla de la turbulencia del aire y la insolación, factores que puedan provocar intensa deshidratación e inclusive la muerte de la planta. Para optimizar

la capacidad de los vehículos y disminuir los costos de transporte, es conveniente construir estructuras sobre la plataforma de carga, para que se puedan acomodar dos o más pisos de plantas (SIRE, sf.).

Se deben realizar deshierbes alrededor de la planta durante los tres primeros años en forma de cajeteo de un metro de diámetro alrededor de la planta. Al inicio de la plantación es conveniente realizar cortas para eliminar individuos plagados, enfermos, muertos o dañados. Del décimo año en adelante se realizan aclareos para disminuir la densidad, obteniéndose de esta labor materia prima de pequeña escuadría, como son postes y otros materiales para la construcción rural (SIRE, sf.).



Figura 7. Miniestacas de *Platymiscium yucatanum* luego de enraizamiento durante 7-8 semanas en dos tipos de sustrato (A: arena; J: turba) y bajo tres concentraciones de la fitohormona IBA (testigo; 1: 1000 ppm; 3: 3000 ppm).

3. Características de la madera

Su duramen es café rojizo o purpúreo con algunas vetas, y su albura es blancuzca o crema y su textura es bastante fina. Altamente resistente al ataque de hongos de pudrición, insectos y termitas (REYES *et al.* 1998).

La madera de *Platymiscium yucatanum* es muy resistente al ataque de hongos como *Lenzites trabea* y *Coriolus versicolor*. Para determinar la razón de esta propiedad, extractos de su duramen han sido aislados y probados *in vitro* contra

dichos hongos (REYES *et al.* 1998). Estos autores encontraron que el extracto de cloruro de metileno inhibe completamente el crecimiento del micelio de ambos tipos de hongos; además por medio de la separación cromatográfica del extracto mostró la presencia de flavonoides e isoflavonoides a los cuales se les atribuye la actividad antifúngica al evaluarse cada uno de los compuestos por separado en la inhibición de la formación del micelio.

Bibliografía

- SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA REFORESTACIÓN (SIRE). Sin fecha. *Platymiscium yucatanum* Standl. Paquetes tecnológicos. Disponible en <<http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Fichas%20Tecnicas/Platymiscium%20yucatanum.pdf>> Consultado el 10 diciembre, 2009.
- REYES, R.; GÓMEZ, F.; MORENO, G.; JIMÉNEZ, M.; QUIRÓZ, R. 1998. Flavonoids and isoflavonoids with antifungal properties from *Platymiscium yucatanum* heartwood. *Holzforschung*. Alemania. 52(5):459-462.

Gamanthera herrerae

Familia: Lauraceae

Nombres vulgares: Sin nombre común

Sinónimos: *Gamanthera herrerae* van der Werff

1. Distribución

En la Región Huetar Norte, en Upala de Costa Rica (VAN DER WERFF & ENDRESS, 1991). En el cantón de Upala, a lo largo del río Chimurria (IBUNAM, 2009).

2. Descripción General

Gamanthera es un nuevo género perteneciente a Costa Rica, dentro del cual *Gamanthera herrerae* es una especie nueva, al ser un árbol de ocho metros de alto (VAN DER WERFF & ENDRESS, 1991).

Durante la ejecución del proyecto no se encontraron especímenes.

De esta especie solo se localizó un único árbol, a pesar de que se realizaron varias e intensas exploraciones en los alrededores del sitio del árbol encontrado y en zonas aledañas. En estas exploraciones participó el descubridor de la especie, Ing. Gerardo Herrera. Por lo que se conoce, parece que la especie es un árbol mediano y no alcanza gran tamaño. No se conoce cuál es su temperamento, ni a qué estrato del bosque pertenece. *G. herrerae* pertenece a la familia Lauraceae, cuyos miembros son difíciles de identificar, siendo difícil la diferenciación entre las especies, aún para taxónomos experimentados. Sin embargo, las hojas de esta especie son bastante pubescentes y muy distintivas. Es difícil realizar afirmaciones categóricas con respecto al estado de conservación de la especie, aunque la evidencia disponible indica que existe una alta probabilidad de que se encuentra en una situación realmente crítica.

Bibliografía

INSTITUTO DE BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (IBUNAM). 2009. Colecciones Biológicas *Gamanthera herrerae* van der Werff. Disponible en <<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:PVT661164>> Consultado el 16 diciembre, 2009.

VAN DER WERFF, H. & ENDRESS, P. 1991. *Gamanthera* (Lauraceae), un nuevo género de Costa Rica. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 78(2):401-408.

SANGRILLO
(*Paramachaerium gruberi* Briz)

Familia: Fabaceae

Nombres vulgares: Sangrillo, sangrillo colorado

Sinónimos: *Paramachaerium gruberi* Brisicky (sangrillo negro)

Distribución

Es una especie nativa de Costa Rica y Panamá, en Costa Rica hasta el momento se conoce solo en Fila Carbonera, extremo sur de la Península de Osa, donde se reportó por primera vez en 1988 (INBio, 1999).

Usos

Su madera se utiliza en construcciones locales (INBio, 1999). La madera tiene gran aceptación en Panamá, donde es muy cotizada para construcciones duraderas y hasta de fino acabado; sin embargo, es difícil de adquirir debido a su limitada distribución y la escasez de árboles maduros (VARGAS, 1992).

P. gruberi es una especie endémica de Pacífico Sur de Costa Rica y en el Pacífico, cerca de la frontera con Costa Rica. Se encuentra en la Península de Osa, especialmente en la Fila Carbonera, entre 100 y 400 msnm. Es posible que exista en la Punta Burica, pero no fue posible explorar esta zona intensivamente. La población localizada se encuentra en la zona de vida Bosque muy húmedo Tropical, con una estación seca menor de 3 meses. Los pocos árboles remanentes se encuentran en áreas reducidas, formando “manchas” o grupos en la fila (Fig. 1). Considerando el aislamiento y el tamaño pequeño de la población, es posible que variación genética no sea alta. Por otra parte, debido a que la gran mayoría de las semillas caen y germinan cerca de madre, es posible también que existan niveles de endogamia relativamente altos y que las “manchas” o grupos observados sean en realidad “vecindades endogámicas” formadas por individuos parientes entre sí. Si estas hipótesis son ciertas, la especie podría tener un bajo potencial de adaptación ante los cambios ambientales, especialmente frente al cambio climático global.



Figura 1: Árbol de *Paramachaerium gruberi*, Osa, Costa Rica.

Descripción General

Árbol hasta 40 m de altura y 90 cm de diámetro, copa abierta con ramas delgadas y extendidas, fuste pardo-blancuzco, medianamente cilíndrico, exfoliante en placas rectangulares hasta de 15 cm de largo, gambas desarrolladas a veces de 3 m de alto (Figs. 2 y 3). Hojas paripinnadas, alternas, de 27 cm de largo, con 9-13 folíolos alternos en el raquis, oblongos, ápice acuminado-obovado y base ovada, 5-13 cm de largo y 2-4.5 cm de ancho; folíolos a veces más pálidos en el envés que en el haz. Inflorescencia en panículas terminales, raquis delgado, de 5 cm de largo, tomentosa. Flores cerca de 7.5 mm de largo, con los pétalos alados. Frutos sésiles, glabros, alados, con un ala curvada hasta de 12 cm de largo y 4 cm de ancho, la base del fruto de 2 cm de largo, redondeada a aplanada, verde-claro cuando está verde, a marrón-claro o marrón-oscuro cuando están secos, contiene entre 4-5 semillas separadas por una septa (Figs. 5 y 6) (INBio, 1999).



Figura 2: Gambas y fuste de *Paramachaerium gruberi*



Figura 3: Árboles de *Paramachaerium gruberi* en un sendero de Lapa Ríos-Zona Sur. Costa Rica

La hoja presenta tricomas filamentosos (Fig. 4)

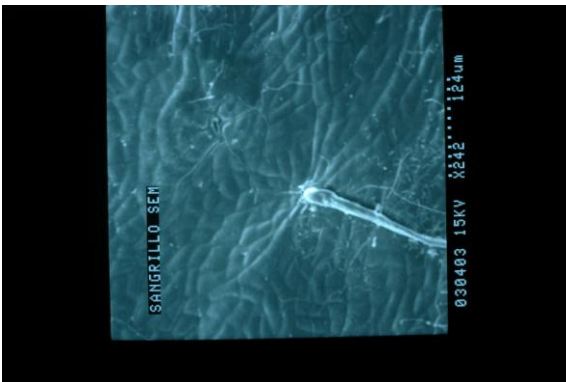


Figura 4: Tricoma en hoja de *Paramachaerium gruberi*



Figura 5: Embrión y semilla alada de *Paramachaerium gruberi*



Figura 6: Inflorescencias y hojas de *Paramachaerium gruberi*

Fenología y ontogenia

En Costa Rica, las flores se producen entre diciembre y enero, los frutos están presentes en febrero y marzo (INBio, 1999).

Esta especie inicia su floración en Panamá durante los meses de octubre - noviembre y la caída de sus frutos ocurre durante abril-mayo. Los frutos no abren en su madurez por lo que las semillas no se dispersan individualmente y todas germinan dentro del fruto; generalmente hay una sola semilla por fruto (64,24% de los casos) pero pueden tener dos semillas (18,57% de los casos) y hasta tres semillas (7,14% de los casos). En un 30,0% de los frutos no hay semillas (VARGAS, 1992).

Se le dio seguimiento fenológico a árboles marcados en Matapalo de Osa y en el bosque Ubicado en el Hotel Lapa Ríos- Zona Sur, se ha observado floración de noviembre a diciembre y fruto de diciembre a marzo. En el mes de marzo se muestra el 50 % de las hojas a excepción de aquellos que producen frutos, que tienen de un 90 a 100 % del follaje.

Se observó a monos Mono Araña (*Ateles geoffroy*) comiendo frutos.

Los árboles observados sobre la carretera a Karate, no mostraron frutos, solamente tenían entre un 50 y 60 % del follaje y estaban muy amarillentos.

Fuentes de semilla

El principal medio de dispersión lo constituye el viento, debido a que los frutos son secos alados; además, parecen carecer de atractivo para la mayor parte de los animales, a excepción de los loros y pericos (Psittacidos) que ocasionalmente lo utilizan como alimento (VARGAS, 1992).

La dispersión de los frutos ocurre al comienzo de la estación lluviosa, o inmediatamente se inicia su germinación, al caer en lugares sombreados. Durante la dispersión el 70,0% de los frutos presenta entre 1 y 3 semillas viables; sin embargo, esta cifra disminuye hasta (0,0%), probablemente debido a factores ambientales (VARGAS, 1992).

Manejo y almacenamiento de semillas

Los frutos de Sangrillo negro “almacenados” a temperatura ambiente y sin humedad mantienen la viabilidad de las semillas por muy poco tiempo. Además con el efecto de la luz se incrementa éste; así, si son sometidos a luz solar directa, a las 16 semanas la viabilidad es del 2,86%, mientras que bajo sombra (mínima del 75% de la luz solar) esta es del 5,71% en igual período de tiempo (VARGAS, 1992).

Recolección, germinación y almacenamiento de semillas y plántulas

De los 32 árboles georeferenciados de esta especie, solamente 5 produjeron frutos durante el año 2008. El porcentaje de germinación de estos lotes fue del 1-2% y las plántulas no se desarrollaron satisfactoriamente y finalmente murieron. Las semillas se colocaron en arena tratada en condiciones de invernadero, con una temperatura similar a la del hábitat natural de la especie. No fue posible determinar la causa de la casi nula germinación.

Ante esta situación, se decidió coleccionar plántulas de regeneración natural. En los cercanías inmediata y debajo de la copa de la gran mayoría de los árboles ubicados, es posible encontrar plántulas en forma relativamente abundante, indicando que la especie se está reproduciendo en forma aparentemente normal. Esta alternativa de colecta no garantiza que las plántulas bajo la copa de un árbol sean hijas todas del mismo, pero las probabilidades de que así sea son muy altas.

Los frutos, aunque alados (Fig. 7), caen debajo o muy cerca del árbol madre. Sin embargo, no se conoce si existe algún agente dispersor que pueda llevar frutos maduros de un árbol a otro. La alternativa a la solución dada, era no trabajar con la especie. En total se recolectaron plántulas bajo la copa de 32 árboles adultos

no vecinos entre sí, manejando cada lote en forma separada como una familia independiente. Con este material se estableció en jardín juvenil “familiar”.

La existencia de muchas plántulas supervivientes (no recientes) en el bosque sugiere la ocurrencia de cosechas abundantes en años anteriores. Es posible que los ciclos de producción de semillas de esta especie tenga no sean anuales.



Fig. 7 Fruto maduro de *P. gruberi*

Crioconservación o almacenamiento a ultra bajas temperaturas (Nitrógeno líquido, NL)

Como paso inicial del desarrollo de la metodología de crioconservación para esta especie y en vista de la escasez de semillas para realizar los ensayos directos de congelación y almacenamiento de semillas en nitrógeno líquido (NL), se decidió establecer el material disponible bajo condiciones *in vitro* e iniciar la investigación conducente al desarrollo de un protocolo de crioconservación, con el desarrollo de un procedimiento que permitiera la propagación masiva *in vitro* de esta especie.

Esta estrategia implicó ampliar las actividades a desarrollar propuestas en este proyecto, de manera que en una segunda etapa del mismo, se tendrían las condiciones necesarias para alcanzar los objetivos propuestos inicialmente que comprendían la crioconservación.

Una vez establecido el protocolo de micropropagación, se podrían iniciar los ensayos de crioconservación utilizando meristemas, ápices y yemas. Esta fue la estrategia seguida en este proyecto y los resultados se presentan a continuación.

Micropropagación:

El proceso de micropropagación comprende varias etapas: en la primera se selecciona el explante inicial (parte separada del vegetal: semillas, embriones, microestacas, ápices)), la desinfección y el establecimiento en condiciones asépticas *in vitro*; esta etapa es seguida por una fase de inducción de la brotación de ese explante inicial, la elongación y multiplicación de los brotes y finalmente se desarrollan los procedimientos para el enraizamiento *in vitro* y la obtención de vitroplantas completas.

Las plantas madre o material de experimentación del proyecto de conservación genética, se contó con diferentes familias de la especie y estas familias no presentaron diferencias visibles entre sí y su desarrollo en el invernadero fue el óptimo.

El porcentaje de contaminación para los explantes provenientes de plantas testigo fue bastante alto cerca del 90% en los tres tratamientos de desinfección empleados (Figura 8). Siendo la bacteria la principal fuente de contaminación aún a los 28 días de cultivados (Figuras 9 y 10).

El tratamiento 3 aunque presentó los menores porcentajes de contaminación fúngica (4,3%) presentó los valores más altos en contaminación bacteriana (62,23%) (Figuras 9 y 10). No obstante no se presentaron diferencias significativas entre los métodos de desinfección en cuanto a porcentajes de contaminación.

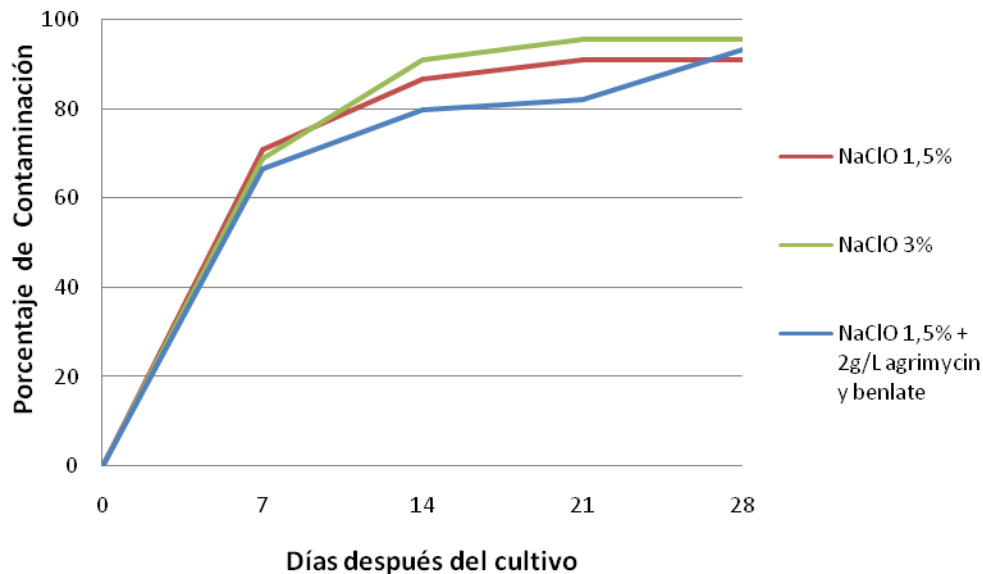


Figura 8. Porcentaje de contaminación de los explantes testigo de *P. gruberi* (T).

Aunque las metodologías de desinfección no mostraron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de contaminación, si presentaron diferencias en cuanto al porcentaje de sobrevivencia ($P < 0,5$) (Figura 9). El segundo tratamiento de desinfección presentó los porcentajes más bajos de sobrevivencia (8,9%), mientras que los mejores fueron los obtenidos con el tratamiento 3 (86,67%).

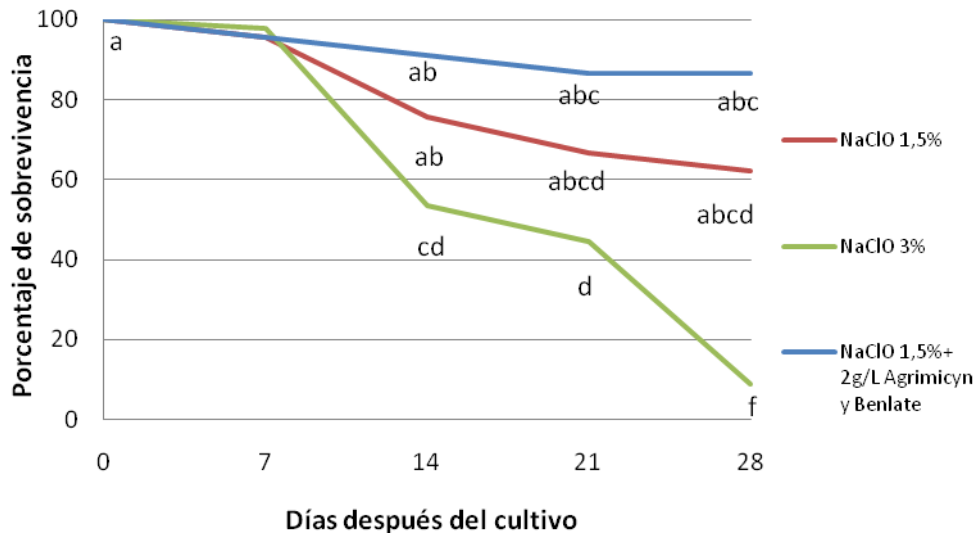


Figura 9. Porcentaje de sobrevivencia de los explantes testigo de *P. gruberi* (T).

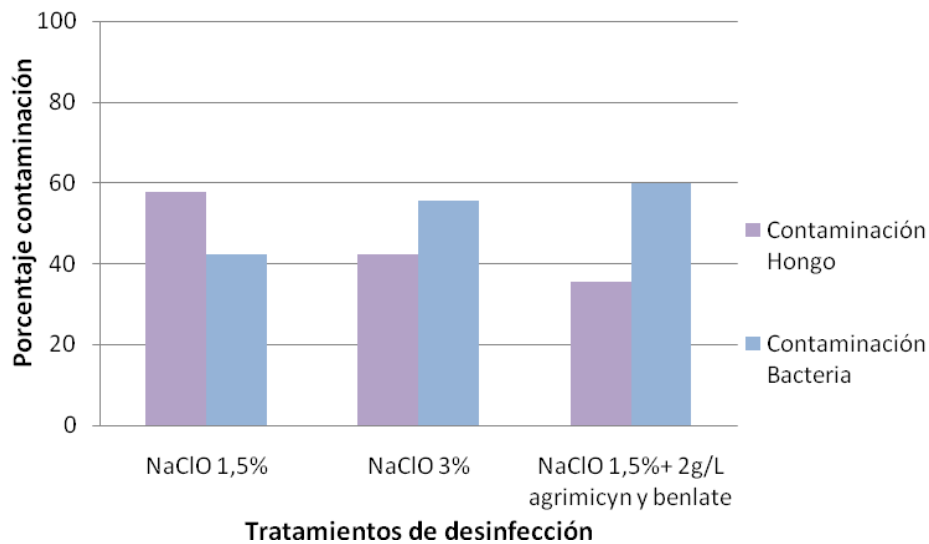


Figura 10. Porcentaje de contaminación fúngica y bacteriana a los 28 días de cultivados los explantes testigo de *P. gruberi* (T).

Por su parte los explantes en el invernadero presentaron porcentajes de contaminación más bajos y no se evidenciaron diferencias significativas entre las metodologías de desinfección evaluadas (Figura 11).

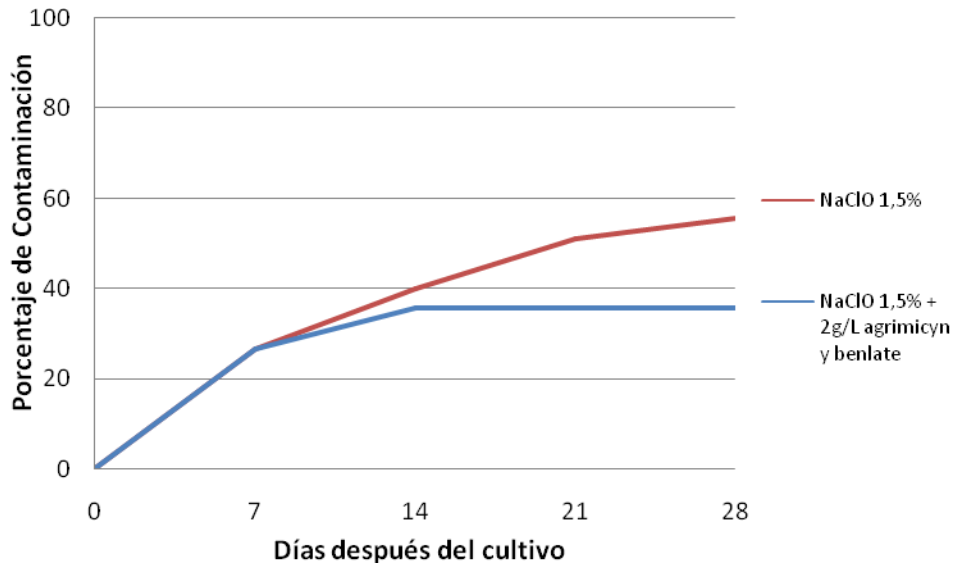


Figura 11. Porcentaje de contaminación de los explantes con tratamiento previo en invernadero (I) de *P. gruberi*.

El porcentaje de sobrevivencia de los explantes fue del 100% para los 2 tratamientos de desinfección utilizados, incluso en la semana 28.

En cuanto al tipo de contaminación presente en la semana 28, la bacteria se mantuvo como el agente contaminante más importante presente en los explantes cultivados (Figura 12). Obteniéndose en ambas metodologías alrededor de un 70% de explantes libres de contaminación visible.

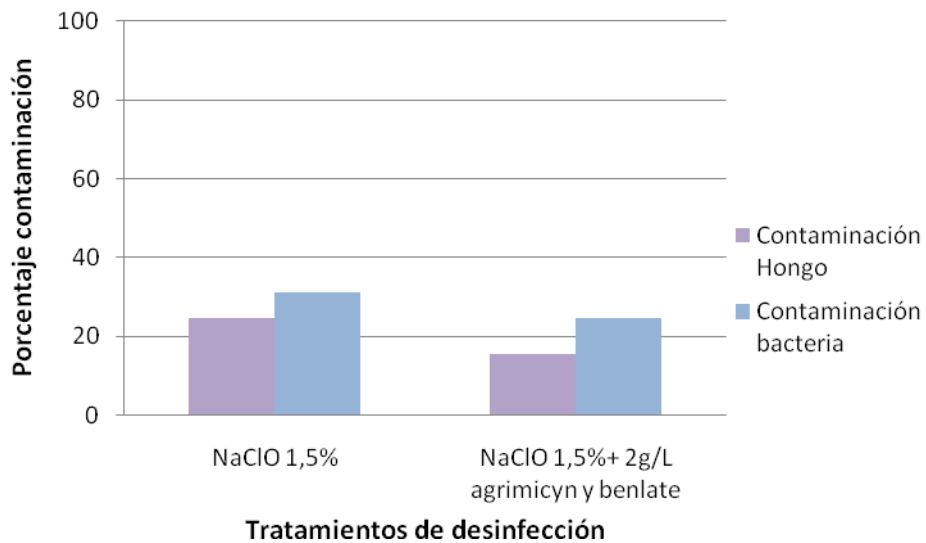


Figura 12. Porcentaje de contaminación fúngica y bacteriana a los 28 días de cultivados los explantes de *P. gruberi* con tratamiento previo en invernadero (I).

Medios de Cultivo

Los explantes cultivados en medio líquido con puente presentaron mayores evidencias de oxidación en la base pero a su vez fueron los que demostraron mayor elongación, vigor y mejor apariencia tanto en medio MS como WPM (Figura 13).

Para la brotación, se encontraron mayores porcentajes de explantes que presentaban brote en el medio MS (1962) en estado líquido con soporte de papel filtro (73 %), a su vez los menores porcentajes de dieron también en el medio de MS (1962) pero en estado semisólido (53%) (Figura 14). El medio WPM tanto semisólido como líquido se comportó de manera muy similar. Se observaron diferencias significativas entre los tipos de medios de cultivo, demostrando a los 28 días que el mejor medio fue el MS líquido en puente.



Figura 13. Explantes de *P. gruberi*, en medio MS líquido con soporte de papel filtro (izq) y en MS estado semisólido (der).

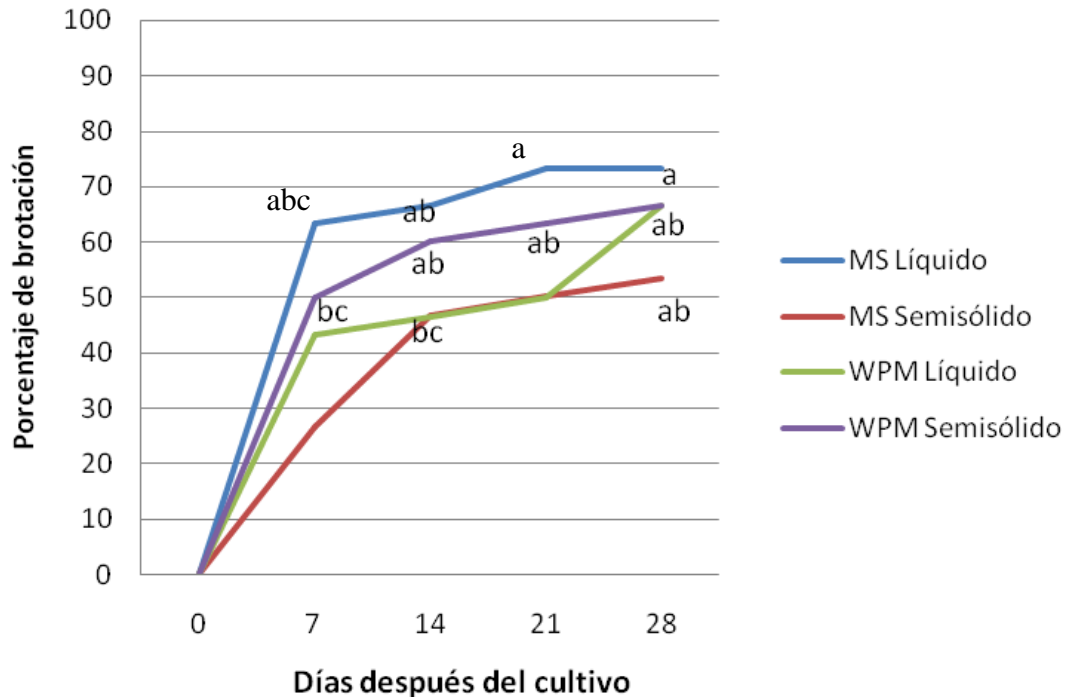


Figura 14. Porcentaje de brotación de los segmentos nodales de *P. gruberi* en medios MS y WPM en estado semisólido y líquido.

En cuanto a los porcentajes de sobrevivencia, no se dieron diferencias significativas entre los tipos de medio, obteniéndose alrededor de un 70 % en el MS (1962) líquido y en el WPM tanto sólido como líquido. El medio MS (1962) en estado semisólido no solo presentó los menores porcentajes de brotación, sino que a su vez presentó los mayores porcentajes de mortalidad (59 %) (Figura 15).

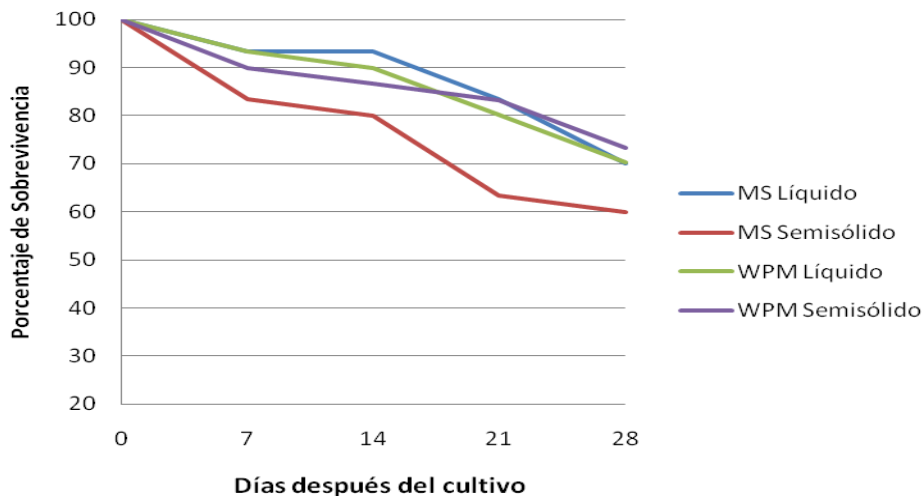


Figura 15. Porcentaje de sobrevivencia de los segmentos nodales de *P. gruberi* en medios MS y WPM en estado semisólido y líquido.

Viverización

Se reproduce por semilla. En la única prueba de germinación en vivero que se ha realizado se obtuvo hasta un 70% de germinación (Figs. 16-20)(JIMÉNEZ, 1999).



Figura 16: Árboles de *Paramachaerium gruberi* en vivero



Figura 17: Colección genética de *P. gruberi* (jardín juvenil)



Figura 18: Miniestaca enraizada y con brote de *P. gruberi*



Figura 19: Túnel provisional de enraizamiento de estacas



Figura 20: Invernadero construido en 2009 (Áreas de jardines juveniles) (Área de enraizamiento) en el INISEFOR.

Silvicultura en plantaciones

Al sembrar frutos recién colectados, sometidos a temperatura ambiente y riego constante (tres veces al día) e independientemente del sustrato utilizado, la germinación es mayor bajo sombra (73,53%) que bajo luz solar directa (38,24%); en ambos casos, la germinación ocurre en las ocho primeras semanas después de la siembra. La escasez de agua en las cinco primeras semanas después de la siembra inhibe la germinación, y el exceso de agua (inmersión total del agua) provoca rápida germinación. Jiménez (1993) indicó en Costa Rica un 70,0% de germinación para esta especie en vivero, pero no detalla las condiciones ambientales utilizadas.

N	diámetro	Altura total	Altura comer	Localiza	Latitud	Longitud
0	<i>Especie</i>			Fila		
	<i>Paramachaeriu</i>					
1	<i>m gruberi</i>	59	35	Carbonera	42686	614452
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
2	<i>m gruberi</i>	83	38	Carbonera	42686	614452
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
3	<i>m gruberi</i>	56,7	29	Carbonera	42686	614452
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
4	<i>m gruberi</i>	72	35	Carbonera	42686	614452
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
5	<i>m gruberi</i>	85	40	Carbonera	42686	614452
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
6	<i>m gruberi</i>	45	39	Carbonera	42627	614385
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
7	<i>m gruberi</i>	66	45	Carbonera	42627	614385
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
8	<i>m gruberi</i>	80	36	Carbonera	42627	614385
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
9	<i>m gruberi</i>	46	34	Carbonera	42711	614296
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
10	<i>m gruberi</i>	85	45	Carbonera	42711	614296
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
11	<i>m gruberi</i>	95	45	Carbonera	42806	614353
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
12	<i>m gruberi</i>	60	29	Carbonera	43336	614756
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
13	<i>m gruberi</i>	57	29	Carbonera	43336	614756
	<i>Paramachaeriu</i>			Fila		
14	<i>m gruberi</i>	65	35	Carbonera	43334	614841
	<i>Platymisciym</i>			Alto San		
1	<i>curuense</i>	83	35	Juan	80929	591955
	<i>Platymisciym</i>			Estero	80202,5	583151,4
2	<i>curuense</i>	85	38	Guerra	8	1
	<i>Platymisciym</i>				68259,6	597840,8
3	<i>curuense</i>	65,5	35	La Palma	5	3

Características de la madera

Madera liviana a moderadamente pesada, en condición seca presenta diferenciación entre la albura y el duramen. Albura pardo-claro, duramen pardo-amarillento con vetas en varios tonos desde amarillas hasta verdosas, con anillos de crecimiento visibles y poros apenas visibles a simple vista (JAEN, 1989).

La madera de esta especie es altamente lustrosa, de textura fina y presenta resistencia natural al ataque de organismos barrenadores tanto de agua dulce como de agua salada (VARGAS, 1992).

Bibliografía

- INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (INBio). 1999. *Paramachaerium gruberi* Briz.. Disponible en < <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=2154&-Find>> Consultado el 7 diciembre, 2009.
- JAEN, B. 1989. Manual para la identificación de las especies maderables amenazadas o en peligro de extinción en la Península de Osa, Costa Rica. 100 p.
- JIMÉNEZ, Q. 1993. Árboles Maderables en Peligro de Extinción en Costa Rica. Vincafo S.A. Costa Rica.
- JIMÉNEZ, Q. 1999. Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica. II edición. Instituto Nacional de Biodiversidad. 163 p.
- VARGAS, L.M. 1992. El Sangrillo Negro (*Paramachaerium gruberi* Brisicky) especie maderable en peligro de extinción. Disponible en < <http://biota.wordpress.com/2007/07/07/sangrillo-negro-parachaerum-gruberi-en-extincion/>> Consultado el 9 diciembre, 2009.

Productos del proyecto

Se considera como verdaderos productos directos del proyecto aspectos como especies rescatadas, estrategias, metodologías y conocimientos generados, colecciones genéticas, protocolos de reproducción, equipo e infraestructura, personal capacitado y la formación de grupos académicos de trabajo. Aspectos como artículos, ponencias, charlas, etc., se consideran medios para comunicar los verdaderos productos del proyecto, aunque son productos del quehacer particular de los académicos involucrados. Los principales productos son los siguientes:

1. Una estrategia desarrollada para el rescate de especies forestales en peligro de extinción, adaptada a las condiciones biológicas de las mismas, aplicable a muchas otras especies tropicales amenazadas.
2. Mayor conocimiento sobre el estado de conservación de 6 especies forestales: Una especie aparentemente extinta (*C. fissilis*), otra a punto de extinguirse (*G. herrerae*), y cuatro especies con poblaciones muy reducidas y problemas reproductivos identificados.
3. Base de datos y mapas sobre los árboles ubicados y geo-referenciados de *C. salvadorensis*, *P. yucatanum*, *P. gruberi* y *R. insignis*.
4. Conocimiento sistemático documentado del comportamiento fenológico reproductivo de *C. salvadorensis*, *P. yucatanum*, *P. gruberi* y *R. insignis*.
5. Conocimiento documentado sobre el desarrollo ontogénico de *C. salvadorensis*, *P. yucatanum*, *P. gruberi* y *R. insignis*.
6. Colecciones genéticas ex situ en forma de jardines juveniles para *C. salvadorensis*, *P. yucatanum*, *P. gruberi* y *R. insignis*.
7. Protocolos de producción de árboles vía sexual (semilla) para *C. salvadorensis*, *P. yucatanum*, *P. gruberi* y *R. insignis*.
8. Protocolos de propagación vegetativa masiva para *C. salvadorensis*, *P. yucatanum* y *P. gruberi*.
9. Un rodal de conservación genética de *S. macrophylla* de 4 has, establecido en la EARTH (Guácimo)
10. Colecciones genéticas en forma de semillas de *C. salvadorensis*, *R. insignis* y *S. macrophylla*. (Esta última aporte de CATIE)
11. Un invernadero de 700 m² con humedad y riego programables (Aporte UNA C 21.000.000).
12. Una cámara de almacenamiento de semillas de 20 m³, con temperatura y humedad controladas. (Aporte UNA C 13.000.000)
13. Personal capacitado en manejo de jardines juveniles y propagación vegetativa y sexual de las especies en vivero e invernadero.

14. Personal capacitado en identificación de las especies, exploración de campo, localización y geo-referenciación de poblaciones y árboles.
15. Varias Charlas, entrevistas en Radio y TV, 2 Banners, 2 Desplegables, 1 Poster en Simposio, participación en Ferias Científicas y Tecnológicas.
16. Charla y presentación de un banner del proyecto “Rescate de especies forestales de peligro crítico de extinción en Costa Rica” en el III Encuentro de investigadores, realizado del 5 al 6 de noviembre del 2008 en la Sede Central del ITCR en Cartago.
- 17.3 Estudiantes capacitados mediante su participación como estudiantes asistente.
18. Un equipo académico interdisciplinario e interuniversitario para el rescate de especies en peligro de extinción.
19. Dos trabajos finales de graduación por parte de estudiantes del ITCR.

El proyecto ha identificado una serie de limitantes biológicas, tecnológicas y logísticas para el rescate de especies forestales en peligro de extinción. Para superar estas limitantes, ha desarrollado una metodología de conservación y reproducción *ex situ* que ha demostrado ser exitosa para especies de las cuales todavía existe un número mínimo de árboles remanentes. El proyecto ha contribuido significativamente al rescate de 4 especies y ha sentado las bases para el rescate de al menos 25 especies más que se encuentran en condición crítica en Costa Rica.

Con base en las colecciones genéticas y los métodos de propagación masiva generados, se abre la posibilidad de reconstruir en alguna medida la constitución genética de las poblaciones remanentes, reintroducir las especies donde se hayan extinguido, enriquecer corredores biológicos y ecosistemas florísticamente degradados por actividades antropogénicas. El proyecto también ha realizado importantes aportes para la domesticación de las especies y su futura integración en distintos agroecosistemas, unidades productivas, proyectos de prospección, biotecnología, mejoramiento genético, etc.

El proyecto es pionero en el campo forestal y se podría “exportar” a otros países y otras especies, lo cual puede resultar de mucha importancia e impacto, ante la pérdida de la biodiversidad y los efectos del cambio climático global.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- 1) El proyecto logró su objetivo central con 4 de las 6 especies de trabajo. Los dos especies con olas que no se pudo lograr se debe a que no fue posible localizar poblaciones en el país y se encuentran extintas o a punto de extinguirse.
- 2) La situación de conservación y supervivencia de las especies del proyecto resultó ser más crítica de lo que inicialmente se percibía, especialmente en cuanto al tamaño de las poblaciones y su capacidad reproductiva se refiere.
- 3) El proyecto es un excelente ejemplo de que la investigación debe ser dinámica, y que es necesario modificar estrategias, metodologías y prioridades a la luz de los resultados y de las limitantes e imprevistos que se enfrenten
- 4) El establecimiento de colecciones genéticas (especialmente en la forma de jardines juveniles), y el desarrollo de protocolos propagación vegetativa masiva en invernadero, es una alternativa excelente para contribuir al rescate y domesticación de especies forestales amenazadas, especialmente aquellas con limitaciones importantes para la producción de semilla viable.
- 5) Debido a las limitantes imprevistas encontradas, el tiempo de ejecución del proyecto resultó insuficiente para realizar toda la transferencia de los productos del proyecto a los diferentes grupos de interés
- 6) La integración de grupos interdisciplinarios y interuniversitarios es una excelente alternativa para potenciar las capacidades de investigación de las Universidades y para el logro de objetivos estratégicos, de la academia en particular, y de la sociedad en general.

Recomendaciones

1. Es altamente recomendable que la UNA, en particular, y el Sistema Universitario Estatal, en general, aprovechen la metodología, los conocimientos y la tecnología generada, la infraestructura desarrollada, el equipo adquirido, el personal capacitado y el equipo académico interuniversitario formado para continuar con el rescate de especies forestales en peligro de extinción, no solo de alto valor ecológico, sino también económico y social.
2. Se recomienda dar el contenido presupuestario necesario para continuar con la transferencia del conocimiento, la tecnología y el germoplasma obtenidos, a los diferentes grupos de interés, especialmente a los agro-silvicultores y restauradores ecológicos.
3. Se recomienda instar a las unidades académicas y universidades a cumplir con el aporte de los recursos ofrecidos y por tanto comprometidos en las propuestas de investigación aprobadas.
4. Es necesario mejorar el apoyo de las unidades administrativas a los proyectos, permitiendo así y mayor dedicación de los académicos al quehacer científico y de transferencia.
5. Continuar con la búsqueda de fondos para continuar con la acción iniciada por este proyecto.
6. Se recomienda que en las subsiguientes posibles fases del proyecto se generen recursos económicos a través de la venta de servicios y productos, para contribuir a las sostenibilidad del mismo a largo plazo
7. Debido a las limitantes que se presentaron, descritas en la matriz de resultados, se solicita y se recomienda dar una prórroga de un año para la publicación de todos los resultados del proyecto, así como para su presentación en el XXIII Congreso Mundial Forestal de la IUFRO 2010 y otros foros pertinentes. Dicha prórroga ha sido avalada por el Consejo Académico del INSEFOR.

Bibliografía

- ABUNDIS, L.; TENORIO, P.; BARAJAS, J. 2004. Anatomía de maderas de México: Árboles y arbustos del matorral xerófilo de Tehuacán, Puebla. UNAM. pp 47-48.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE).2001. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales. (156):111-112. Disponible en <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0009S/A0009S156.PDF>> Consultado el 7 diciembre, 2009.
- INSTITUTO DE BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (IBUNAM). 2009. Colecciones Biológicas *Gamanthera herrerae* van der Werff. Disponible en <<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:PVT661164>> Consultado el 16 diciembre, 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (INBio). 2004. *Cedrela fissilis* Vell. Disponible en < <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=2164&-Find>> Consultado el 7 diciembre, 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (INBio). 2004. *Cedrela salvadorensis* Standl. Disponible en <<http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=2166&-Find>> Consultado el 7 diciembre, 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (INBio). 2005. *Ruagea insignis* (C. DC.) T. D. Penn. Disponible en < <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=2164&-Find>> Consultado el 7 diciembre, 2009
- MADERAS SUDAMERICANAS. 2009. *Cedrela fissilis*-cedro rojo-cedro de castilla. Disponible en <<http://maderasulamerica.galeon.com/productos1512849.html>> Consultado el 14 diciembre, 2009.
- REYES, R.; GÓMEZ, F.; MORENO, G.; JIMÉNEZ, M.; QUIRÓZ, R. 1998. Flavonoids and isoflavonoids with antifungal properties from *Platymiscium yucatanum* heartwood. *Holzforschung*. Alemania. 52(5):459-462.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA REFORESTACIÓN (SIRE). Sin fecha. *Platymiscium yucatanum* Standl. Paquetes tecnológicos. Disponible en

<<http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Fichas%20Tecnicas/Platymiscium%20yucatanum.pdf>> Consultado el 10 diciembre, 2009.

Tchoundjeu, Z. y R.R.B. Leakey. 1996. Vegetative propagation of African Mahogany: effects of auxin, node position, leaf area and cutting length. *New Forests* 11:125-136.

VAN DER WERFF, H. & ENDRESS, P. 1991. *Gamantthera* (Lauraceae), un nuevo género de Costa Rica. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 78(2):401-408.

ZAMORA, N.; JIMÉNEZ, Q. & POVEDA, L. J. 2000. Árboles de Costa Rica Vol II. Centro Científico Tropical, Conservación Internacional & Instituto Nacional de Biodiversidad. Ed. INBio. 374 p.

Agradecimientos

Se agradece al CONARE por el apoyo financiero del proyecto por medio de los fondos FEES, a las Vicerrectoría de Investigación y Extensión de cada Universidad y a las Escuelas que forman parte del proyecto por el apoyo brindado.


También se agradece al Ing. Marvin Castillo de la Escuela de Ingeniería Forestal del ITCR por el apoyo en la búsqueda y seguimiento fenológico de sangrillo en la zoan sur de Costa Rica.

ANEXOS


Banner presentado en Simposio de Conservación de Recursos Genéticos; UCR 2009.

PROPAGACION VEGETATIVA MEDIANTE MINIESTACAS DE ESPECIES FORESTALES EN PELIGRO DE EXTINCION

ROBERTO A. CORDERO¹ Y EUGENIO COREA²
¹ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS E ²INISEFOR, UNIVERSIDAD NACIONAL (UNA)
 Financiamiento CONARE, COSTA RICA 2008-2010



UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA




CONARE
CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

OBJETIVO PRINCIPAL:
 EVALUAR ALGUNOS FACTORES DETERMINANTES DEL ÉXITO DE ENRAIZAMIENTO DE MINIESTACAS LEÑOSAS EN ESPECIES FORESTALES EN PELIGRO CRÍTICO DE EXTINCION EN COSTA RICA.
 PROBAMOS EL EFECTO DE UNA AUXINA Y EL TIPO DE SUSTRATO.


DISEÑO EXPERIMENTAL.
 PARA AMBAS ESPECIES, SE OBTUVIERON DOS TIPOS DE MINIESTACAS (APICALES Y SUBAPICALES) QUE FUERON SEMBRADAS EN DOS TIPOS DE SUSTRATO (ARENA Y CONTENEDORES DE TURBA), Y A LA BASE DE ÉSTAS SE LES APLICÓ UNO DE DOS NIVELES DE CONCENTRACION DE LA FITOHORMONA ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (IBA, 1000 Y 3000 PPM). LUEGO DE 7 A 8 SEMANAS, SE EXTRAJERON LAS ESTACAS Y SE CONTABILIZARON ALGUNAS VARIABLES RELACIONADAS AL ÉXITO DE ENRAIZAMIENTO.

ARENA Y TURBA COMO SUSTRATO



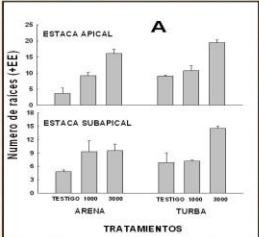
Cedrela salvadorensis
(Cedro colorado)

ARENA COMO SUSTRATO



Platymiscium yucatanum
(Cristoba)

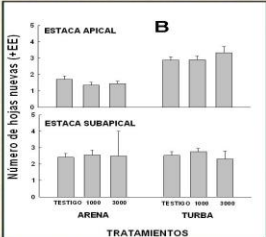
A



ESTACA APICAL
ESTACA SUBAPICAL

TRATAMIENTOS: ARENA, TURBA (TESTIGO, 1000, 3000)

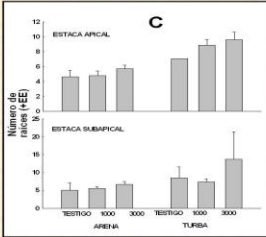
B



ESTACA APICAL
ESTACA SUBAPICAL

TRATAMIENTOS: ARENA, TURBA (TESTIGO, 1000, 3000)

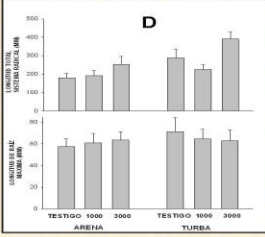
C



ESTACA APICAL
ESTACA SUBAPICAL

TRATAMIENTOS: ARENA, TURBA (TESTIGO, 1000, 3000)

D



ESTACA APICAL
ESTACA SUBAPICAL

TRATAMIENTOS: ARENA, TURBA (TESTIGO, 1000, 3000)

A) El número de raíces depende del tipo de miniestaca (apical o subapical, $p < 0.01$), la adición de AIB ($p < 0.001$) y en menor grado por el tipo de sustrato ($p < 0.05$). El número de raíces promedio aumenta de dos a tres veces en los tratamientos con AIB a 1000 y 3000 ppm, en las miniestacas apicales. Es claro que el número de raíces siempre es mayor en los tratamientos con 3000 ppm de AIB, en ambas miniestacas y sustratos.

B) La Producción de área foliar. El número de hojas nuevas por miniestacas no fue afectada por el tipo de estaca ni la adición de AIB, pero fue mayor en las miniestacas apicales de los tres tratamientos de AIB sembrados en turba (Efecto de sustrato, $p < 0.05$), donde las miniestacas produjeron en general una hoja más que todos los demás tratamientos.

C) En *P. yucatanum*, no hubo un efecto significativo del tipo de estaca ni el AIB en la producción de raíces, aunque ésta sí fue mayor en el sustrato tipo turba.


D) Un análisis detallado con mediciones por computadora de fotografías en una submuestra de solo miniestacas subapicales, se logró medir la longitud total de raíces por miniestaca, la cual estuvo afectada por el tipo de sustrato y marginalmente por la concentración de AIB.

Sin embargo, no encontramos ningún efecto en la longitud máxima de raíz. La mortalidad de miniestacas durante este experimento fue del 1.85% y 11% para *C. salvadorensis* y *P. yucatanum*, respectivamente.

Con solo dos especies estudiadas, es posible sugerir que las condiciones utilizadas en el enraizador, el uso de turba y AIB a 3000 ppm ofrecen condiciones altamente exitosas para el enraizado de estas especies maderables. Sin embargo, existe variación significativa en el éxito total entre las especies.


Sugerimos que la propagación eficiente por miniestacas debería de considerarse un método estándar para el rescate de especies maderables en grave peligro de extinción.

Ejemplos de enraizado en miniestacas de Cedrela.




Simbología: A : arena, J: turba
0: testigo, 1: 1000 y 3: 3000 ppm de AIB.

Ejemplos de enraizado en miniestacas de Platymiscium



Condiciones de vivero de las plantas madre



Contactos
 R. Cordero: ricolamb@gmail.com
 E. Corea: eugenicore@hotmail.com

Documentos y ponencias en preparación

Debido a los varios motivos expuestos en la matriz de logros, se solicitó al Consejo Académico del INISEFOR, una prórroga de un año para terminar las varias publicaciones que se encuentran en preparación en diferentes estados de avance. Dicha prórroga ha sido avalada.

1. Documento integral proyecto (tipo libro), en preparación

Este documento integrará todas las experiencias, los resultados y conclusiones obtenidos por los diferentes investigadores, unidades y universidades participantes.

- a. Título: Rescate de especies forestales en peligro de extinción en Costa Rica.
- b. Autores: Eugenio Corea, Roberto Cordero, Elizabeth Arnáez, Ileana Moreira
- c. Contenido: Descripción del estado actual de las especies en peligro de extinción en Costa Rica.

Estrategias de conservación (descripción y discusión)

Metodología utilizada en cada aspecto investigado.

Resultados por especie (seis especies) (incluye además fotos en todos los puntos)

- Información general de cada especie, con base en la literatura

- Estado actual de las poblaciones, incluyendo mapas.

- Descripción (árbol, flores, frutos, semillas, etc)

- Fenología reproductiva

- Descripción de su ontogenia a nivel de semilla y plántula (incluye fotos)

- Colecciones genéticas establecidas (rodales, jardines, semillas)

- Métodos desarrollados de reproducción masiva en vivero e invernadero

- Acciones a seguir (por especie)

Discusión general de los resultados obtenidos y sus implicaciones actuales y futuras

Conclusiones

Recomendaciones y acciones a seguir.

Literatura utilizada y recomendada

- d. Descriptores: Conservación forestal, especies amenazadas, propagación vegetativa, biodiversidad.

2. Artículos científicos en preparación:

Para el 2010

- Fenología reproductiva de *Cedrela salvadorensis*, *Paramachaerium gruberi* y *Platymiscium yucatanum*, Ileana Moreira, Elizabeth Arnáez y Eugenio Corea.
- Ontogenia de *Cedrela salvadorensis*, *Paramachaerium gruberi* y *Platymiscium yucatanum*, a nivel de semilla y plántula.
- Enraizamiento de miniestacas juveniles de *Cedrela salvadorensis*, Roberto Cordero y Eugenio Corea
- Enraizamiento de miniestacas juveniles de *Platymiscium yucatanum*, Roberto Cordero y Eugenio Corea
- Enraizamiento de miniestacas juveniles de *Paramachaerium gruberi*, Eugenio Corea.

Para el 2011.

- Conservación ex –situ de especies forestales en peligro crítico de extinción, Eugenio Corea.

3. Ponencias para el 2010

- “Rescate de especies forestales en peligro crítico de extinción en Costa Rica”. Aceptada para ser presentada en el XXIII Congreso Mundial Forestal IUFRO, Agosto 2010, Seoul, Corea del Sur.

Abstract de la ponencia.

*“A Costa Rican commission identified 30 forestry species in critical extinction risk. Their “populations” are mainly conformed by few adult trees, isolated or in small groups. Young trees are very rare or absent, indicating serious reproduction limitations and a high probability to be down the “viable minimal population size”. In situ conservation strategy does not guarantee their survival, even in protected areas. In 2006, INISEFOR started a project aimed to the rescue of these species, establishing ex situ genetic collections (seeds, conservation stands and juvenile gardens) and developing vegetative propagation methods. At present, INISEFOR counts on with genetic collections of *Cedrela salvadorensis*, *Platymiscium yucatanum*, *Ruagea insignis*, *Paramachaerium gruberi* and *Swietenia macrophylla*; and successful massive reproductions protocols, through rooting and acclimatization of mini-cuttings produced in juvenile gardens, achieving more than 90% of conversion rate. The results show that the methodology developed has a great potential for the rescue of the genetic variation and for the massive reproduction of endangered tropical hardwood species, making possible its reintroduction in ecosystems where they have become extinct or have suffered severe genetic erosion. Furthermore, it can be also the base for its domestication and use in many agro-ecosystems, genetic improvement programs, biotechnology, etc.”*