



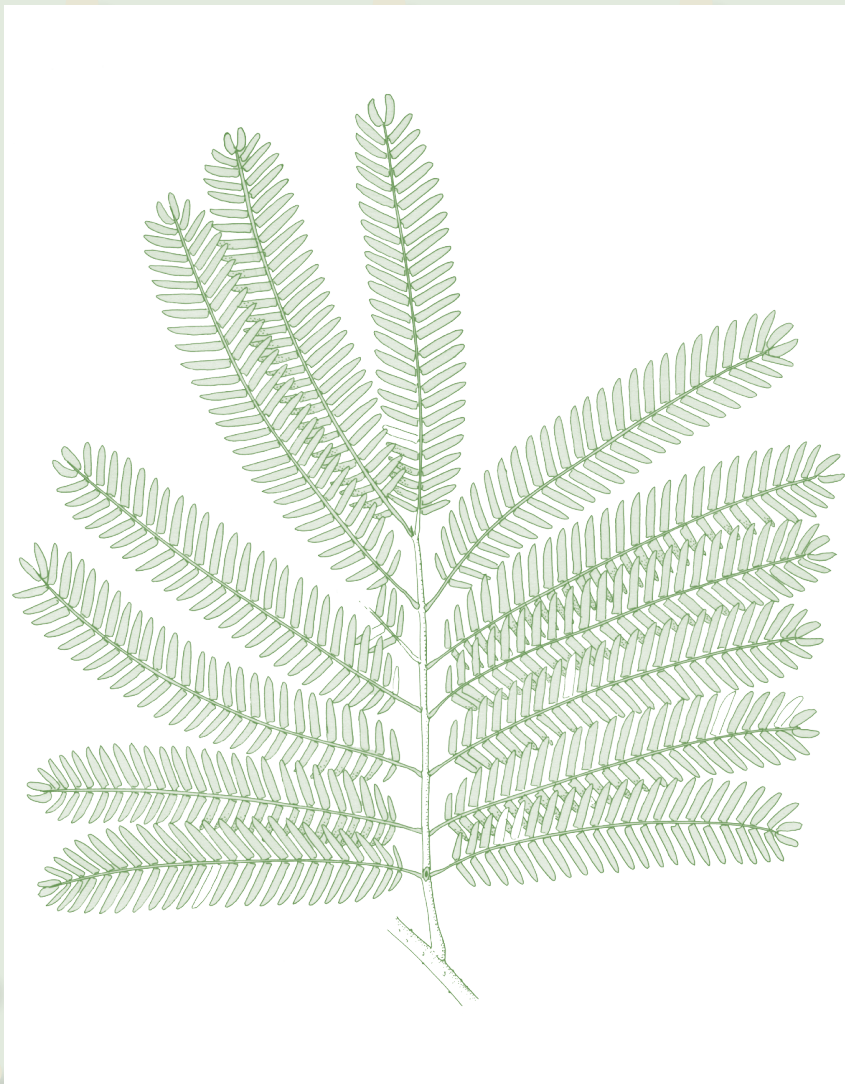
# MÓDULO 1

## Estrategias para la conservación de especies

### Estudio de caso 1.1

# ***Leucaena salvadorensis:*** **variación genética y** **conservación**

**David Boshier**



## Reconocimientos

Los editores de este Manual de Formación en Recursos Genéticos Forestales quieren agradecer a Jarkko Koskela y Barbara Vinceti por su contribución a la hora de identificar la necesidad de este manual y por su apoyo continuo durante su preparación. Reconocemos el asesoramiento tan importante de un grupo de investigadores clave de Bioversity International - Elizabeth Goldberg, Jozef Turok y Laura Snook - quienes han apoyado durante varias etapas de este proyecto.

Este Manual de Formación fue validado durante varios eventos de capacitación en varios continentes. Nos gustaría agradecer los valiosos comentarios recibidos de muchos estudiantes y sus profesores, en particular los de Ricardo Alía y Santiago González-Martínez del Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA), España, y los de Peter Kanowski de la Universidad Nacional de Australia (ANU).

Nos gustaría dar las gracias en particular a Thomas Geburek, del Departamento de Genética, Centro Federal de Investigación y Formación en Bosques, Riesgos Naturales y Paisaje (BFW), Viena, Austria, por revisar los estudios de caso presentados en este módulo. Sus valiosos comentarios produjeron mejoras sustanciales en el módulo.

El vídeo "Leucaena: ¿un árbol milagro o un mito?" es producto de varios proyectos de investigación financiados por el Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido para beneficio de países en vías de desarrollo. Las opiniones expresadas aquí no corresponden necesariamente con las del DFID. Programa de Investigación Forestal (FRP) proyectos R3714, 4091, 4454, 4525, 4584, 4727, 5654 y R6296. Los derechos de autor de las fotografías en la presentación de PowerPoint pertenecen a Colin Hughes, David Boshier, Jardín Botánico Real de Kew y la publicación 'New Scientist'.

Finalmente, nunca hubiera sido posible la producción del Manual de Formación en Recursos Genéticos Forestales sin el apoyo económico de Cooperación Austriaca para el Desarrollo mediante el proyecto 'Desarrollo de la capacidad de formación y recursos humanos para la gestión de la biodiversidad forestal', llevado a cabo por Bioversity International en el periodo 2004-2010. Nos gustaría también agradecer el apoyo económico adicional del proyecto SEEDSOURCE financiado por la Comisión Europea.

Todas las ilustraciones de las portadas fueron realizadas por Rosemary Wise e incorporadas en la maquetación al diseño creado por Patrizia Tazza. Agradecemos a ambas la belleza de su trabajo. La traducción al español fue realizada por Jesús Cordero.

### Financiado por

Austrian

Development Cooperation

### en colaboración con



### Cita:

Boshier D. 2011. *Leucaena salvadorensis*: variación genética y conservación estudio de caso y notas para el profesor. En: Manual de Formación en Recursos Genéticos Forestales. Editado por Boshier D, Bozzano M, Loo J, Rudebjer P. Bioversity International, Roma, Italia.

<http://forest-genetic-resources-training-guide.bioversityinternational.org/>

ISBN 978-92-9043-887-8  
ISSN 2223-0165

Bioversity International  
Via dei Tre Denari, 472/a  
00057 Maccarese  
Roma, Italia

© Bioversity International, 2011  
Bioversity International es el nombre operativo del International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).

## Módulo 1

### Estrategias para la conservación de especies

#### Estudio de Caso 1.1

#### ***Leucaena salvadorensis*: variación genética y conservación**

*David Boshier, Departamento de Ciencias Vegetales, Universidad de Oxford*

Este estudio de caso presenta información sobre *Leucaena salvadorensis* (Standley ex Britton & Rose), una especie poco conocida y hasta hace poco tiempo descuidada y olvidada por silvicultores y botánicos. Utilice esta información para elaborar recomendaciones para una estrategia de conservación genética de esta especie amenazada, ya sea a escala nacional (El Salvador, Honduras o Nicaragua) o desde la perspectiva global de una organización internacional (p. ej. FAO). Las estrategias deberían tener en cuenta los patrones de variación genética presentes en la especie y el contexto forestal y socioeconómico de cada país, y podrían combinar medidas de conservación *in situ*, *ex situ* u otras.

**Asegúrese de que sus recomendaciones sean específicas y detalladas** (p. ej., si usted recomienda la recolección de semilla para la conservación *ex situ*, especifique de qué poblaciones, cuántos árboles, qué cantidad de semilla, dónde será almacenada, etc.). Además, ya que los fondos para conservación son limitados, indique la prioridad relativa de sus recomendaciones. El contexto del ejercicio se basa en los años 90, tanto en términos del estado de la especie como de los perfiles nacionales. Aunque existe información más reciente y el contexto ha cambiado, estos no se incluyen pues no se consideran relevantes para el ejercicio.

En sus discusiones de grupo, debería considerar y responder en particular a lo siguiente:

- Cómo ha cambiado la estructura genética de *L. salvadorensis* como resultado de la intervención humana?
- ¿Cuál es el sistema de apareamiento? ¿Cuál es el mecanismo de dispersión de la semilla y el polen?
- ¿Cuáles son los niveles de variación genética y cómo se distribuyen los alelos entre todas las poblaciones? Elabore una lista de los alelos localizados pero comunes (ver Cuadro 2).
- ¿Son válidas las regiones de procedencia sugeridas en el mapa? ¿Qué poblaciones son diferentes? p. ej., los recolectores originales agruparon los sitios Calaire y Charco Verde como una misma región de procedencia, ¿es esto válido? (ver Figuras 1-2, Cuadro 1).

En su estrategia, debería detallar los puntos siguientes:

- ¿Cuáles son las amenazas para *L. salvadorensis* (a corto y largo plazo) y qué poblaciones requieren acciones prioritarias? ¿De qué tipo deberían ser estas? **Enumere los problemas** por categoría: **genéticos** (p. ej. ¿qué poblaciones son demasiado pequeñas? - ver cuadro 1); **otros tipos de problemas** (p. ej. sociales, de comunicación, de recursos -ver la secciones “Estado de conservación” y “Perfiles nacionales”)
- ¿Cuáles serán los métodos de conservación *-in situ*, *ex situ*, en fincas (*circa situm*)?
- ¿Cuáles son los factores sociales limitantes para la conservación y el establecimiento de plantaciones?

- ¿Qué necesitan saber los usuarios finales y cómo se lo va a comunicar?
- ¿Quién hará qué y dónde? ¿cómo lo va a financiar?

## Introducción

Existen 22 especies de *Leucaena*, todas nativas de México, América Central y el norte de América del Sur. Una de estas, *L. leucocephala*, es popular debido a la abundante producción de semilla, su facilidad de manejo, su crecimiento potencial, los beneficios nutritivos para el ganado y el rango de productos que ofrece. Diversas organizaciones internacionales y centroamericanas han fomentado ampliamente la utilización de *L. leucocephala* a lo largo de carreteras, en las aldeas, en plantaciones de pequeña escala, y más recientemente para cercas vivas, barreras para la conservación del suelo y barreras rompevientos.

Sin embargo, en los últimos años se han hecho evidentes los factores biológicos limitantes asociados con el uso extendido de *L. leucocephala*: falta de tolerancia a la sequía, crecimiento escaso en suelos ácidos, poca durabilidad de la madera, enorme producción de vainas y susceptibilidad a un insecto defoliador (*Heteropsylla cubana*). Estas limitaciones se atribuyen en parte a la estrecha base genética del material empleado en la mayoría de programas de plantación, debido a tres factores principales: 1) la especie es principalmente autógama y por tanto endogámica; 2) se sabe poco sobre su distribución natural, aunque parece encontrarse en Guatemala y México donde podría encontrarse una mayor variabilidad; y 3) el material cultivado proviene de unos pocos árboles cultivados y estrechamente emparentados de El Salvador y México.

Una de las maneras de diversificar el material genético de *Leucaena* es utilizar otras especies del mismo género. Son cinco las especies de *Leucaena* nativas en el área de El Salvador, Honduras y Nicaragua: *L. diversifolia*, *L. lempirana*, *L. multicapitulata*, *L. salvadorensis*, *L. shannonii* subsp. *shannonii*. Una sexta especie, *L. leucocephala* subsp. *glabrata*, es una especie introducida cultivada ampliamente en los tres países. *L. salvadorensis* ha sido identificada como una especie potencialmente valiosa para programas de reforestación debido a su plasticidad ambiental, y a la calidad y el uso tradicional de sus productos. Los resultados preliminares de ensayos de especies que incluyen a *Leucaena salvadorensis* muestran su potencial para ser usada en programas de plantaciones en América Central y otras regiones tropicales. Sin embargo, esta valiosa especie está siendo amenazada por una deforestación severa que hace necesarias medidas urgentes de conservación.

## Descripción de la especie, usos y estado de conservación

### Taxonomía y características botánicas

*L. salvadorensis* fue nombrada por P.C. Standley en 1925 con base en un ejemplar recolectado en la zona oriental de El Salvador en 1924. Desde entonces y hasta hace 15 años –cuando se entendió mejor su identidad, características y potencial– los botánicos y silvicultores le prestaron poca atención y raramente fue vista o recolectada.

La falta de una exploración botánica y recolección minuciosas en América Central previas a 1975 hizo que los botánicos y silvicultores pasaran por alto la especie y la confundieran con otras. Inicialmente, *L. salvadorensis* fue confundida con *L. leucocephala*. Esta confusión se hizo mayor con el uso de la designación “tipo salvadoreño” para describir la variedad arbórea gigante de *L. leucocephala*, ahora conocida como *L. leucocephala* subsp. *glabrata*. La expedición realizada en 1967 por el catedrático J. L. Brewbaker en el oriente de El Salvador en Jocoro

y alrededores mostró un área intensamente deforestada. Sin embargo, en la plaza de la ciudad se encontraron algunos ejemplares del tipo salvadoreño, los cuales se asumió erróneamente que eran la *L. salvadorensis* encontrada por Calderón cuarenta años atrás. En realidad estos árboles eran casi con toda seguridad cultivados y pertenecientes a *L. leucocephala*. Brewbaker no encontró la verdadera *L. salvadorensis* porque ahora es rara en dicho área así como en otros lugares dentro de su rango nativo. Es así como Brewbaker llegó a tratar la especie *L. salvadorensis* como un sinónimo de *L. leucocephala*.

Desde finales de los 70, la exploración botánica y las recolecciones en América Central llevaron al descubrimiento de *L. salvadorensis* en Honduras y Nicaragua. Simultáneamente, la identificación de las diferencias morfológicas entre *L. shannonii* y *L. leucocephala* sugirieron que *L. salvadorensis* es de hecho una especie por sí misma. Se puede distinguir a *L. salvadorensis* de otras especies de *Leucaena* por varias características morfológicas y por su distribución geográfica. Ciertas diferencias adicionales en la citología y las características de crecimiento de material cultivado en Hawái, han confirmado asimismo a *L. salvadorensis* como una especie diferente.

### **Características del árbol**

*L. salvadorensis* es un árbol pequeño o mediano, sin espinas, habitualmente de 10-15 m de altura y 20-50 cm DAP (Diámetro a la Altura del Pecho). Algunos árboles maduros alcanzan alturas de hasta 20 m y 70-100 cm de diámetro. Los árboles son típicamente ramificados de jóvenes, pero pueden mostrar un fuste corto y limpio de 5 m de altura cuando son viejos. Las ramas erectas en ángulo forman una copa angosta y abierta. La corteza en los árboles jóvenes es lisa, de color gris semi-metálico o marrón-grisáceo; la corteza interna es rosado salmón. Con la edad, la corteza se torna café-grisáceo oscuro, más áspera y se desarrollan fisuras verticales poco profundas; la corteza interna cambia a rojo intenso.

### **Fenología**

Los árboles son total o parcialmente caducifolios; pierden parte o la totalidad de sus hojas durante la estación seca, por 1 a 4 meses. Durante la mitad o el final de la estación seca (febrero-abril), y a medida que se desprenden las vainas, hay una floración masiva coincidente a menudo con el período sin hojas. Durante varias semanas, los árboles se cubren de flores que desprenden un olor dulce y atraen grandes cantidades de varias especies de abejas pequeñas. Estas rondan los capítulos en busca de polen y probablemente desempeñan un papel activo en la polinización. Las hojas brotan gradualmente en abril y mayo, período en el cual se forman también pequeñas vainas inmaduras. La maduración de las vainas tarda aproximadamente de 10 a 12 meses y la semilla se dispersa por gravedad.

*L. salvadorensis* produce relativamente poca semilla en comparación con *L. leucocephala*. A pesar de una floración y fructificación abundantes tan solo después de 2-3 años, raramente encontramos más de una vaina por capítulo mientras que *L. leucocephala* florece y fructifica prolíficamente al cabo de un año, con 5-20 vainas por capítulo floral. En las poblaciones naturales de *L. salvadorensis*, la producción de semillas varía de un área a otra y de año a año. *L. salvadorensis* es una especie alógama, autoincompatible, lo cual podría explicar por qué la producción de semillas es mayor en rodales densos y menor en el caso de árboles aislados. Los primeros vientos fuertes de la estación seca pueden dañar algunas de las vainas inmaduras y esto puede limitar aun más la producción de semillas en los rodales naturales. La semilla almacenada en refrigerador (5°C) puede retener su viabilidad por muchos años (>20).

### **Distribución**

*L. salvadorensis* se encuentra en El Salvador, Honduras y Nicaragua, en el

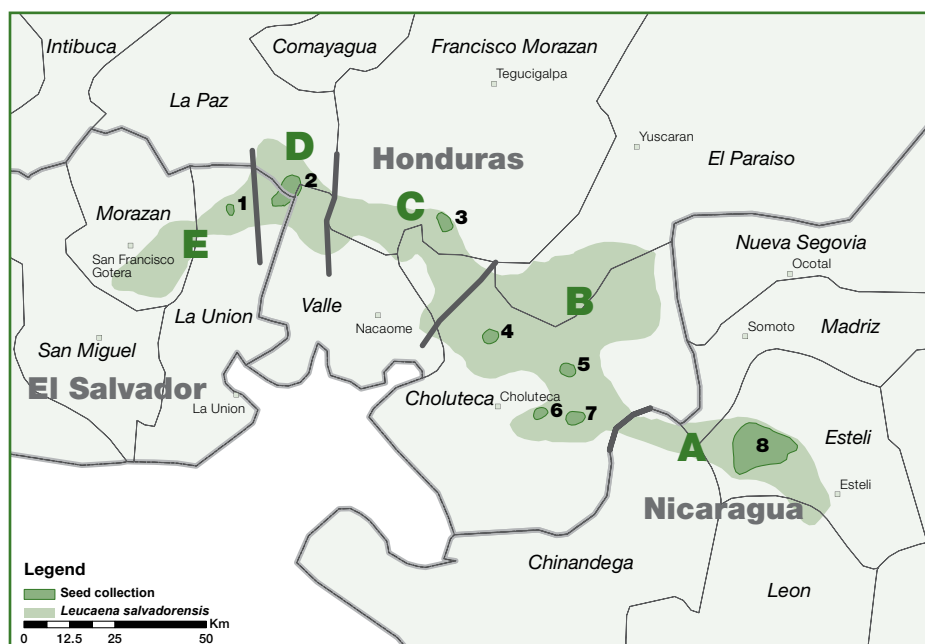
bosque tropical seco, sobre las laderas del Pacífico orientadas al sur, entre los 200 y los 800 msnm (y encontrada ocasionalmente a 1000 msnm) (ver Figura 1). La gran cantidad de especies tolerantes a la sequía en la flora refleja la severidad y duración de la estación seca. Este bosque seco es rico en especies, con más de 300 especies de árboles nativos. El clima en el hábitat natural de *L. salvadorensis* es marcadamente estacional, con una época seca típica de 5 a 7 meses. La precipitación anual varía entre 800 y 2000 mm, y la temperatura media anual entre 25 y 30 °C. La estación seca es siempre severa y prolongada, con vientos desecantes al inicio de la época seca como una característica común en toda su distribución.

*L. salvadorensis* ocupa un área de distribución contigua claramente definida. Se ha encontrado casi exclusivamente en las pendientes del sur de la cuenca del Pacífico y si acaso raramente en las llanuras costeras. Es reseñable que la distribución raramente se traslapa con la de otras especies de *Leucaena*. La única excepción es *L. shannonii*, aunque las dos especies están bastante separadas. Los suelos donde se encuentra *L. salvadorensis* son jóvenes, superficiales y principalmente de origen volcánico. Los suelos han sufrido una degradación severa por agricultura de tumba y quema, desecación y erosión. Son extremadamente rocosos, poco profundos, esqueléticos, y generalmente bien drenados. Se han definido a grandes rasgos regiones de procedencia provisionales como base para la recolección de semillas (ver Figura 1). Se utilizaron las principales cuencas como una manera práctica de definir las regiones de procedencia, con excepción de las regiones occidentales y orientales donde se usaron los límites entre Honduras y el Salvador, y Honduras y Nicaragua, respectivamente.

### Usos y valor potencial de los árboles para plantaciones arbóreas

*L. salvadorensis* es muy apreciada por las comunidades locales como fuente de una variedad de productos. Los árboles pueden producir fustes rectos que se usan en la construcción tradicional de viviendas, como

**Figura 1.** Distribución natural de *Leucaena salvadorensis* (área sombreada). Los números (1-8) se refieren a los números de poblaciones correspondientes en el Cuadro 1. Las letras (A-E) se refieren a las regiones de procedencia delimitadas por una línea gruesa (ver explicación en la sección Distribución).



postes esquineros de gran diámetro y en la construcción de techos. *L. salvadorensis* es podada en ocasiones con el fin de producir postes adecuados para la construcción de viviendas. La madera tiene la reputación de ser duradera y resistente a la pudrición en contacto con el suelo. Según los lugareños, los postes esquineros en el suelo duran entre 15 y 20 años. De la madera se hace también una leña excelente, por ser densa, y fácil de astillar y secar. La densidad de *L. salvadorensis* (0.81) es marginalmente mayor que la de *L. leucocephala* (0.5 a 0.7) y desde temprana edad produce un abundante duramen (56% a los 5 años). La producción de biomasa leñosa de *L. salvadorensis* es alta, alrededor de 22 t de peso seco por hectárea y año, a los 4 años de edad.

Los árboles rebrotan después de haber sido podados o descopados y se pueden manejar de esta manera. El ganado vacuno ramonea la regeneración natural por lo que puede que el árbol tenga potencial como forraje. Estudios iniciales del valor nutritivo de esta especie indican una digestibilidad *in vitro* alta, pero baja palatabilidad. El hecho de que los agricultores hondureños y nicaragüenses hayan conservado los árboles de *L. salvadorensis* en sus fincas indica su potencial agroforestal. *L. salvadorensis* se puede cultivar en plantaciones, aisladamente, o en diversos sistemas agroforestales o agropastoriles. En varias áreas, se ha estudiado *L. salvadorensis* en una serie de ensayos de cultivo en callejones y conservación del suelo; también se ha intercultivado con maíz, sorgo y caupí (*Vigna unguiculata*).

En América Central no existe prueba alguna de que *L. salvadorensis* constituya una amenaza como maleza y, dada la escasa producción de semillas en comparación con otras especies de *Leucaena* (p. ej. *L. leucocephala*), es improbable que se convierta en una colonizadora agresiva si se planta en otros lugares. El método de propagación más común para *L. salvadorensis* en su distribución natural es fomentar su regeneración natural y proteger los brinzales y los rebrotes del dosel del fuego y del ramoneo por animales.

### **Plagas y enfermedades**

El psílido *Heteropsylla cubana* es un pequeño insecto chupador de savia nativo de América Central que se alimenta de brotes jóvenes y hojas nuevas de las especies de *Leucaena*. *H. cubana* presenta gran movilidad y en grandes cantidades puede causar defoliación e incluso la muerte del árbol. Se han encontrado psílicos atacando a *L. salvadorensis* tanto en Honduras como en Hawái, aunque no se han realizado estudios minuciosos de susceptibilidad en comparación con la de otras especies de *Leucaena*. Las vainas pueden mostrar también altos niveles de daño causado por brúquidos.

En 1990 se encontró una enfermedad de las vainas en un huerto semillero de *L. salvadorensis*. Los análisis preliminares permitieron identificar un complejo fúngico de una especie de cada de *Ravenelia* y *Fusarium*, que causa lesiones y pudrición en las vainas. La especie de *Ravenelia*, no identificada, puede ser patógena y la especie de *Fusarium* es probablemente una infección secundaria. Se ha observado en ocasiones mortalidad progresiva en *L. salvadorensis*, con síntomas de muerte progresiva en los brotes seguida por la desecación de las ramillas y eventualmente la muerte. En un ensayo de eliminación de especies en Honduras, *L. salvadorensis* mostró el menor porcentaje de supervivencia (74-84%) en comparación con las otras especies de *Leucaena*. Se desconocen las causas de esta muerte progresiva pero la mala adaptabilidad al sitio es una posibilidad.

### **Resultados de ensayos**

En términos de crecimiento de altura inicial, *L. salvadorensis* superó ampliamente a muchas otras especies de *Leucaena* en ensayos efectuados en varios sitios de Honduras. Los ensayos incluyeron además varias especies nativas bien conocidas, como *Albizia saman*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Hymenea courbaril*,

*Cordia alliodora* y *Swietenia humilis*, junto con varias especies exóticas. Sin embargo, se necesita más investigación para definir qué factores climáticos y del suelo entran en juego. Los ensayos realizados, a todas luces insuficientes, no han revelado gran cosa sobre las diferencias de procedencia, aunque se propusieron zonas de procedencia provisionales con base en la distribución, topografía y altitud (ver Figura 1 y sección sobre “Distribución”).

### **Estado de conservación**

El bosque seco es uno de los tipos de bosque más degradados y amenazados en América Central. Históricamente, el bosque fue convertido sin impedimentos a otros usos de la tierra, tales como la agricultura y el pastoreo, además de la tala extensiva de árboles de maderas valiosas y para leña. En América Central queda actualmente menos del 2% de bosque tropical seco no perturbado, con sólo un 0.08% de éste dentro de parques nacionales o áreas de conservación. La degradación de los últimos remanentes de bosque intacto se ha agravado con los incendios, que son comunes durante la época seca a medida que se roturan nuevos terrenos para el cultivo.

La degradación del bosque seco natural ha sido particularmente severa en la mayoría de la distribución de *L. salvadorensis* y sólo se conocen unos pocos bosques pequeños remanentes ubicados sobre pendientes abruptas y barrancos. Es probable que los recursos genéticos de *L. salvadorensis* estén ya muy degradados como resultado de esta desaparición de la cobertura boscosa natural. En Honduras, los árboles de *L. salvadorensis* se encuentran a menudo en dichos fragmentos de bosques remanentes, mientras que en los cerros cercanos a San Juan de Limay (norte de Nicaragua) hay una densidad de población humana menor, y no sólo la cobertura de árboles parece haber sobrevivido mejor, sino que es también más abundante allí que en otras regiones.

La degradación se ha mitigado merced a prácticas agroforestales tradicionales dentro de su área de distribución natural, como la conservación de árboles de *L. salvadorensis* por los agricultores en sus fincas, lo que significa que la especie es más común de lo que indicaría el agotamiento de la cobertura boscosa natural. Los agricultores conservan y protegen en forma deliberada los árboles de *L. salvadorensis* cerca de sus casas, en los campos y en las cercas, aunque hay poca tradición de plantar la especie. Sin esta conservación y protección, *L. salvadorensis* sería actualmente una especie extremadamente rara y en peligro de extinción. La posible disminución de la base genética de *L. salvadorensis*, causada por las altas tasas de deforestación, se ha agravado recientemente por la plantación indiscriminada de *L. leucocephala* en aquellas áreas donde *L. salvadorensis* crece naturalmente. La introducción de *L. leucocephala* y la promoción de su cultivo por parte de las agencias de desarrollo están amenazando la continuidad del uso tradicional de *L. salvadorensis*. Al poner tanto interés en programas de plantación de *L. leucocephala*, se crea el peligro de que se descuide la conservación tradicional de *L. salvadorensis* en los sistemas agroforestales. Esto podría acelerar rápidamente la desaparición de esta especie.

### **Variación genética en poblaciones naturales**

Se estudió la variación genética y la diferenciación de poblaciones de *Leucaena salvadorensis* dentro de y entre ocho poblaciones de toda la distribución de *Leucaena salvadorensis* en América Central. Los niveles de variación genética se determinaron utilizando electroforesis de las isoenzimas del tejido de la semilla.

### **Recolección de Semillas**

Se muestrearon ocho poblaciones representativas de la totalidad del rango



de distribución natural de *L. salvadorensis* (ver Figura 1 y Cuadro 1). Estas poblaciones están compuestas por poblaciones altamente degradadas y fragmentadas tales como remanentes dispersos de bosque, matorrales secundarios y árboles dispersos en campos, cercas y en las fincas cercanas a las casas. Para cada población se analizaron 60 semillas de polinización abierta recolectadas de al menos 6 árboles madre, pero normalmente de 20 árboles (p. ej. 3 semillas de cada uno de 20 árboles madre; 6 semillas de cada uno de 10 árboles; etc.) . El tamaño de la muestra varió dependiendo de la disponibilidad de semilla.

La distancia entre los árboles muestreados varió de manera sustancial debido al tamaño de las poblaciones y la gran alteración de estas por la intervención humana. La variación en los tamaños de población (Cuadro 1) fue considerable, distinguiendo entre grande –con más de 1.000 individuos (San Juan de Limay), mediano –más de 100 individuos (p. ej. San Antonio del Norte), y llegando a tan solo 16 árboles en la única población de El Salvador (Nueva Esparta), de la cual solo tres árboles eran maduros, lo cual sugiere un tamaño de población efectivo muy pequeño.

**Cuadro 1.** Datos de los sitios de las poblaciones de *Leucaena salvadorensis*.

No*	Población	País	Latitud	Longitud	Altitud msnm	Precipit. media anual (mm)	No. de árboles/población	No. árboles muestreados
1	Nueva Esparta	El Salvador	13°48'N	87°50'O	320	2200	16	6
2	San Antonio del Norte	Honduras	13°52'N	87°41'O	200-400	2200	224	20
3	Rio Nacaome	Honduras	13°45'N	87°18'O	650-780	1200	120	10
4	La Garita	Honduras	13°26'N	87°11'O	480-600	1120	500	20
5	La Galera	Honduras	13°22'N	87°01'O	500	2037	181	14
6	Calaire	Honduras	13°15'N	87°06'O	350-500	2037	700	20
7	Charco Verde	Honduras	13°16'N	87°00'O	540	2037	79	6
8	San Juan de Limay	Nicaragua	13°12'N	86°29'O	500-900	850	>1000	20

Nota: \* se refiere al número correspondiente de la Figura 1

### Análisis de Datos

Para cada población se calcularon las medidas estándar de diversidad genética, incluyendo el porcentaje de loci polimórficos ( $P$ ), la media del número de alelos por locus ( $A$ ) y tanto la diversidad genética o heterozigosis esperada ( $H_e$ ) como la heterozigosis observada ( $H_o$ ). Se estudió la diferenciación de poblaciones usando los estadísticos  $F$  de Wright y los de diversidad genética de Nei. Las distancias genéticas de Nei se calcularon entre pares de poblaciones y se utilizaron para efectuar un análisis jerárquico de conglomerados de las poblaciones (Figura 2). Se estudió la relación entre la diferenciación genética y la distribución geográfica mediante una regresión de los valores del flujo de genes ( $Nm$ ) calculados para todos los pares de poblaciones con base en la distancia entre pares (Cuadro 4, Figura 3).

### Resultados

Se identificaron siete loci polimórficos en cuatro sistemas enzimáticos (Cuadro 2). En el Cuadro 3 se resumen los datos de la media del número de alelos por loci

**Cuadro 2.** Frecuencias alélicas de siete loci polimórficos en poblaciones “naturales” de *Leucaena salvadorensis*

Locus	Alelo	Población								Media
		1) NES	2) SAN	3) RIO	4) GAR	5) GAL	6) CAL	7) CV	8) SJL	
<i>Pgm-1</i>	a	-	-	0,085	-	-	-	-	-	0,008
	b	1,000	0,925	0,415	0,092	0,508	0,817	0,450	0,608	0,595
	c	-	0,075	0,500	0,908	0,492	0,183	0,512	0,392	0,397
					*				*	*
<i>Pgm-2</i>	a	0,750	0,983	-	0,050	0,412	0,142	0,483	0,483	0,431
	b	-	-	-	0,050	0,017	0,342	-	0,067	0,062
	c	0,250	0,017	1,000	0,900	0,567	0,517	0,517	0,450	0,508
		*			*					*
<i>Pgi-2</i>	a	0,667	0,417	0,427	0,292	-	0,475	0,492	0,608	0,422
	b	0,117	0,300	0,256	0,425	-	0,283	-	0,212	0,197
	c	0,217	0,283	0,317	0,283	1,000	0,242	0,508	0,175	0,381
		*			*		*			*
<i>Pgi-3</i>	a	0,367	-	-	-	0,292	0,083	-	0,692	0,187
	b	-	-	-	-	0,342	-	-	-	0,045
	c	0,633	1,000	-	0,150	-	0,808	-	-	0,337
	d	-	-	1,000	0,850	0,367	0,083	1,000	0,308	0,428
	e	-	-	-	-	-	0,025	-	-	0,003
	*				*	*			*	
<i>Pgd-1</i>	a	-	0,475	0,512	0,450	0,467	0,508	0,500	-	0,358
	b	-	-	-	0,150	-	-	0,025	0,950	0,147
	c	1,000	0,525	0,488	0,400	0,533	0,492	0,475	0,050	0,496
				*			*		*	
<i>Idh-1</i>	a	0,150	0,117	0,281	0,175	-	0,392	-	-	0,133
	b	0,467	0,267	0,342	0,208	1,000	0,267	0,092	0,100	0,343
	c	0,375	0,592	0,342	0,617	-	0,333	0,908	0,900	0,515
	d	0,008	0,025	0,037	-	-	0,008	-	-	0,009
	*								*	
<i>Idh-2</i>	a	0,492	0,492	0,390	0,458	0,458	0,708	0,467	0,200	0,461
	b	0,212	0,217	0,402	0,483	0,300	-	0,025	0,292	0,235
	c	0,292	0,292	0,195	0,058	0,242	0,292	0,508	0,508	0,303
	d	-	-	0,012	-	-	-	-	-	0,001
	*			*			*		*	

Notas: \* desviación significativa de las expectativas de Hardy-Weinberg,  $P < 0.05$ . Poblaciones: NES - Nueva Esparta; SAN - San Antonio del Norte; RIO - Rio Nacaome; GAR - La Garita; GAL - La Galera; CAL - Calaire; CV - Charco Verde; SJL - San Juan de Limay. Locus: Pgm-Fosfoglucomutasa; Pgi-Fosfoglucosa isomerasa; Pgd-Fosfogluconato deshidrogenasa; Idh-Isocitrato deshidrogenasa

(A), el % de loci polimórficos (P), y las heterozigosidades medias observada ( $H_o$ ) y esperada ( $H_e$ ) de Hardy-Weinberg. La media del número de alelos por locus de las poblaciones varió entre 2,14 (Charco Verde) y 2,86 (Calaire). El porcentaje de loci polimórficos varió entre el 71%, en la población de La Garita, y el 100%, en las de San Juan de Limay y Calaire. La media de  $H_o$  varió entre 0,300 (Nueva Esparta) y 0,495 (Calaire). La población de Calaire fue la más variable para todos los criterios, mientras que la menos variable en términos de A fueron La Garita y Charco Verde, y Nueva Esparta en cuanto a  $H_o$ .

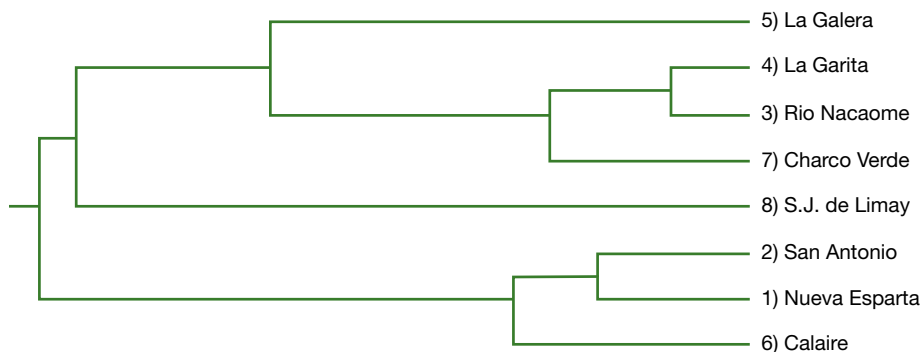
*L. salvadorensis* mostró niveles relativamente elevados de diferenciación genética entre poblaciones (media de 0,316; valores posibles en el rango 0 – poblaciones no diferentes a 1 – poblaciones altamente diferenciadas en alelos y frecuencias). Las similitudes entre poblaciones (Figura 2) y la baja (no significativa) correlación negativa entre las distancias genéticas y geográficas ( $r = -0,17$ , Cuadro 4) mostraron una falta en general de relaciones geográficas. Algunas poblaciones geográficamente cercanas (La Galera y Calaire) no se pudieron agrupar, mientras que para otras sí se pudo (San Antonio del Norte y Nueva Esparta). La especie está actualmente distribuida en parches, probablemente debido a la deforestación del bosque seco tan extendida en los últimos años. Los datos sugieren que esto ya haya llevado a un cierto grado de diferenciación poblacional y a la fijación de algunos alelos, posiblemente debido al efecto fundador resultante de las reducciones en el tamaño de las poblaciones. Sin embargo, es probable que los tamaños de población han permanecido lo suficientemente grandes como para mantener niveles altos de diversidad genética dentro de cada población.

**Cuadro 3.** Variabilidad genética de poblaciones de *L. salvadorensis* en siete loci de isozimas.

Población	Media del número de alelos por locus (A)	% de loci polimórficos* (P)	Heterozigosidad Media	
			Observada ( $H_o$ )	Esperada ( $H_e$ )
1) Nueva Esparta	2,29	71,4	0,300	0,372
2) San Antonio del Norte	2,43	85,7	0,350	0,363
3) Rio Nacaome	2,57	71,4	0,460	0,442
4) La Garita	2,71	71,4	0,374	0,423
5) La Galera	2,14	71,4	0,445	0,405
6) Calaire	2,86	100,0	0,495	0,496
7) Charco Verde	2,14	85,7	0,393	0,380
8) San Juan de Limay	2,43	100,0	0,355	0,419
Media	2,51	79,2	0,394	0,599

Nota: \* un locus se considera polimórfico si la frecuencia del alelo más común no excede de 0.95.

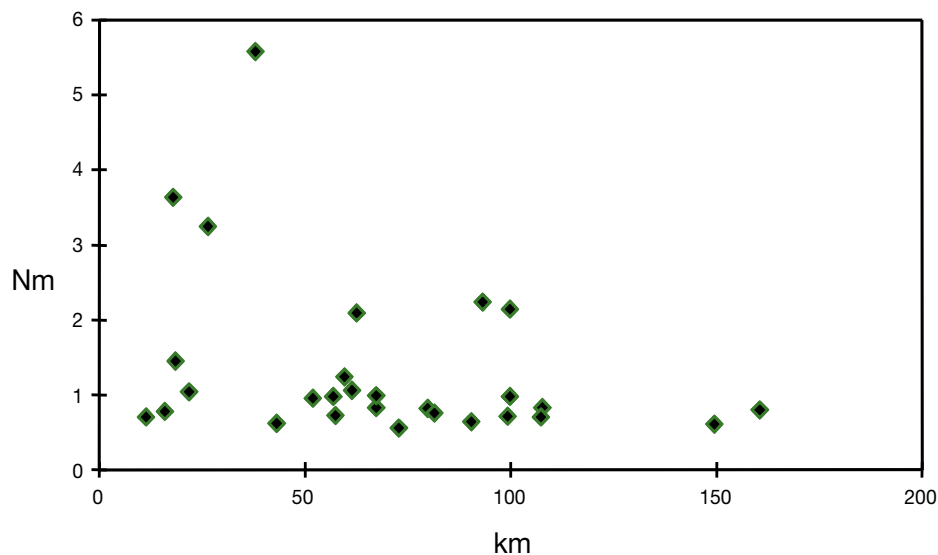
**Figura 2.** Similitudes genéticas (distancia genética no sesgada de Nei) entre poblaciones de *L. salvadorensis*



**Tabla 4.** Flujo genético ( $Nm$  - número de migrantes por generación) bajo la diagonal y distancia geográfica (en km) por encima de la diagonal entre poblaciones de *L. salvadorensis* (detalles en el Cuadro 1). Correlación entre el flujo de genes y la distancia geográfica:  $r = -0,17$

Población	1) NES	2) SAN	3) RIO	4) GAR	5) GAL	6) CAL	7) CV	8) SJL
1) NES	-	18,0	57,5	81,4	99,8	99,8	107,4	160,5
2) SAN	3,64	-	43,1	72,9	90,4	93,2	99,3	149,6
3) RIO	0,72	0,62	-	37,9	52,0	59,7	62,5	107,7
4) GAR	0,76	0,56	5,58	-	18,5	21,8	26,4	79,9
5) GAL	0,78	0,64	1,45	1,06	-	15,9	11,3	61,4
6) CAL	2,14	2,24	1,24	1,04	0,96	-	11,0	67,3
7) CV	0,70	0,71	2,09	3,25	0,98	0,99	-	56,8
8) SJL	0,80	0,70	0,83	0,82	0,61	0,83	0,98	-

**Figura 3.** Relación entre el flujo genético entre poblaciones ( $Nm$  - número de migrantes por generación) y distancia geográfica (km); basado en datos del Cuadro 4.



## Perfiles nacionales e institucionales

(Fuente: tomado de información suministrada por los países a IPGRI, 1998, que refleja por tanto el énfasis de cada país)

### El Salvador

- Área: 21 040 km<sup>2</sup> Regiones administrativas: municipalidades pertenecientes a 14 Departamentos
- Población: 6 000 000
- Estaciones: Seca (noviembre a abril), Lluviosa (mayo a octubre)
- Pluviosidad: Precipitación 1500-2500 mm por año;
- 3 zonas climáticas: Caliente: 0-800 msnm (metros sobre el nivel del mar)  
Templada: 800-1200 msnm  
Fría: 1200-2700 msnm
- La flora de El Salvador posee pocas especies endémicas
- La agricultura es la principal actividad económica. Se ha realizado una clasificación por zonas para la gestión de la base de recursos agrícolas y forestales: cultivos intensivos, cultivos permanentes, forestal y usos agrícolas marginales. Los cultivos principales de importancia económica son: café, algodón, caña de azúcar, cereales, henequén, palma de aceite, tabaco, frutas y hortalizas.

### Recursos fitogenéticos nativos:

- Debido al deterioro alarmante de los recursos fitogenéticos, el CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal) creó en 1985 el Programa de Recursos Fitogenéticos, con énfasis en tres áreas: jardines botánicos y colecciones, bancos de germoplasma y cultivo de tejidos, dando prioridad a las especies con potencial alimenticio y medicinal.
- La deforestación en El Salvador ha ido aumentando paulatinamente debido a la elevada densidad de población (261 habitantes/km<sup>2</sup>), combinada con factores económicos que ejercen una fuerte presión sobre las áreas de bosque. La tasa anual de deforestación, de 4.500 ha, suple la demanda de productos forestales como leña principalmente (demanda estimada anual de 4,5 millones de m<sup>3</sup>). Esta leña abastece principalmente los hogares rurales y la pequeña industrias (fabricación de ladrillos, y la producción de sal y cal).
- Los esfuerzos institucionales de reforestación han sido mínimos en comparación con la tasa de deforestación. Los programas de reforestación establecidos en El Salvador están orientados a satisfacer la demanda de combustibles y maderas para la construcción en las zonas rurales, usando sobre todo especies exóticas, pero también nativas como *Gliricidia* y *Leucaena*. Estos dos géneros dominan los programas de reforestación actuales, aunque no haya datos disponibles de la superficie plantada. Muchos programas de reforestación se han enfocado además en la creación de áreas protegidas.
- A continuación se ofrece una lista de especies en peligro de extinción:

Especies	Familia	Nombre común
<i>Abies guatemalensis</i>	Pinaceae	Pinabete
<i>Acacia centralis</i>	Mimosaceae	Quebracho
<i>Aerponax lanchonocephalus</i>	Araliaceae	Mano de León
<i>Agronanda racemosa</i>	Apiliaceae	Ciprés silvestre
<i>Amyris elemifera</i>	Rutaceae	Roldán
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	Apocynaceae	Jabillo, cordel

<b>Especies</b>	<b>Familia</b>	<b>Nombre común</b>
<i>Astianthus viminalis</i>	Bignoniaceae	Chilca
<i>Beilschmiedia mexicana</i>	Lauraceae	Aguacate macho
<i>Bocconia glaucifolia</i>	Papaveraceae	Brasil
<i>Bumelia celastrina</i>	Sapotaceae	Hormigo
<i>Capparis calciphila</i>	Capparaceae	Repollo
<i>Capparis tuerckhemi</i>	Capparaceae	Palo de pólvora
<i>Cedrela tonduzzii</i>	Meliaceae	Cedro peludo
<i>Colubrina gloverata</i>	Rhamnaceae	
<i>Conostegia icosandra</i>	Melastomataceae	Ciren de árbol
<i>Cordia collococca</i>	Boraginaceae	Manune rojo
<i>Cordia salvadorensis</i>	Boraginaceae	
<i>Cosmibuena matudae</i>	Rubiaceae	Hoja de cohete
<i>Dalbergia funera</i>	Papilionaceae	Funera
<i>Diospyros nicaraguensis</i>	Ebenaceae	Ébano
<i>Erythea salvadorensis</i>	Palmaceae	Palma de sombrero
<i>Esenbeckia litoralis</i>	Rutaceae	Matazanillo
<i>Eugenia pachychiamis</i>	Myrtaceae	
<i>Eupatorium ruae</i>	Asteraceae	
<i>Exostema caribaeum</i>	Rubiaceae	Quina
<i>Exostema mexicanum</i>	Rubiaceae	Quina
<i>Exothea paniculata</i>	Sapindaceae	Cuiliote
<i>Ficus morazaniana</i>	Moraceae	Amate
<i>Ficus rensoniana</i>	Moraceae	
<i>Gliricidia guatemalensis</i>	Papilionaceae	
<i>Guaiacum sanctum</i>	Zygophyllaceae	Guayacán
<i>Guapira witsbergeri</i>	Nyctaginaceae	Siete camisas
<i>Guatteria anomala</i>	Annonaceae	
<i>Haematoxylon brassiletto</i>	Mimosaceae	Brasil
<i>Hampea reynae</i>	Malvaceae	Majagua
<i>Hampea stipitata</i>	Malvaceae	
<i>Hauya ruacophylla</i>	Onagraceae	Guayabillo
<i>Leucaena shannonii</i>	Mimosaceae	Hormiguillo rojo
<i>Lonchocarpus michelianus</i>	Papilionaceae	Chaperno
<i>Lysiloma multifoliata</i>	Mimosaceae	
<i>Matudae trinervia</i>	Hamamelidaceae	Ujushte
<i>Maytenus chiapensis</i>	Celastraceae	Escobo blanco
<i>Miconia prasina</i>	Melastomataceae	
<i>Mimosa platycarpa</i>	Mimosaceae	
<i>Ormosia macrocalyx</i>	Papilionaceae	Pito

Especies	Familia	Nombre común
<i>Parathesis acuminata</i>	Myrsinaceae	
<i>Parathesis congesta</i>	Myrsinaceae	Amaranto silvestre
<i>Phyllanthus acuminatus</i>	Phyllanthaceae	Jocotillo
<i>Pisonia donnell-smithii</i>	Nyctaginaceae	
<i>Platymiscium pleiostachyum</i>	Papilionaceae	Palo de marimba
<i>Quercus esesmilensis</i>	Fagaceae	
<i>Quetzalia reynae</i>	Celastraceae	Pato de palomo
<i>Robinsonella speciosa</i>	Malvaceae	Mozoton
<i>Simira calderoniana</i>	Rubiaceae	Limpiadientes
<i>Synardisia venosa</i>	Myrsinaceae	Cerezo
<i>Taxus globosa</i>	Taxaceae	
<i>Thounia acuminata</i>	Sapindaceae	
<i>Ulmus mexicana</i>	Ulmaceae	Mezcal
<i>Viburnum mortonianun</i>	Caprifoliaceae	
<i>Weinmannia balbisiana</i>	Cunoniaceae	Malacate
<i>Wimmeria cyclocarpa</i>	Celastraceae	Lupita
<i>Zanthoxylum aguilarii</i>	Rutaceae	Pochote de tierra

#### **Actividades de conservación in situ:**

- El crecimiento de la población y la expansión urbanística han llevado a que menos del 3% del territorio nacional posea hoy su cobertura original o de bosque primario.

#### **Recursos forestales y fitogenéticos**

- Cada año, la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR) formula, junto con el Servicio Forestal, un plan para la recolección de germoplasma, tanto de especies arbóreas forestales exóticas como nativas. El banco de semillas del Servicio Forestal recolecta germoplasma principalmente de las especies en demanda para proyectos de reforestación. Entre las más utilizadas están: *Tectona grandis* (teca), *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. deglupta*, *E. tereticornis*, *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Cassia siamea*, *Tabebuia donnell-smithii* y *T. rosea*.
- El banco de semillas del Servicio Forestal es la única institución oficial que recolecta semilla, aunque ha aumentado el número de recolectores privados. Además de la producción de plántulas de vivero, las semillas se usan para la reforestación y comercialización. El aumento de la promoción de recursos forestales ha significado un buen precio para las semillas.

#### **Implementación de un programa de mejora genética forestal:**

En el pasado, las recolecciones eran realizadas para el banco de semillas dentro de un área definida y utilizando pocos criterios técnicos: simplemente se recolectaba de árboles que mostraran la forma deseada. Durante 1983-1991, un proyecto de CATIE (Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía y su sucesor Madeleña) introdujo en El Salvador semillas de algunas especies forestales del banco de semillas de CATIE para comparar la adaptabilidad a las condiciones locales. Este material fue evaluado mediante ensayos de campo manejados en forma de huertos semilleros para producir semillas de las especies mejor adaptadas, p. ej. *Tectona grandis* (teca), *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *Leucaena leucocephala*, *Acacia mangium*, y *Colubrina ferruginosa*

entre otras. El Servicio Forestal distribuye la semilla mediante la venta o donación. Por medio de un acuerdo CATIE-DGRNR, el banco de semillas recolecta y distribuye también semillas a través de una red de instituciones. La distribución debe satisfacer los objetivos de fomentar y aumentar la cobertura forestal.

### **Objetivos, políticas, programas y legislación nacional**

En 1989, el gobierno de El Salvador estableció un Programa de Desarrollo Económico y Social que identificó la necesidad de implementar políticas ecológicas para proteger el medio ambiente de manera permanente y desarrollar alternativas para reducir los problemas ambientales del momento. En función de esto, se creó la Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente (SEMA) como parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dentro de las atribuciones de SEMA están la Agencia Ambiental y de Planificación para el Desarrollo, así como el Plan de Acción Forestal para El Salvador. Ambas iniciativas fueron diseñadas para incorporar la participación de las instituciones nacionales (públicas y privadas) y las ONG, con el fin de promover el establecimiento de plantaciones forestales para la producción energética en forma de biomasa, aumentar la producción y el abastecimiento de leña, a la vez que preservar las pocas reservas nativas. Para preservar las áreas naturales, se crearon mecanismos como la Ley de Conservación de Vida Silvestre, y se firmaron acuerdos con CITES para evitar la comercialización de especies forestales en peligro de extinción.

### **Honduras**

- Área: 112.492 km<sup>2</sup> Regiones administrativas: municipalidades pertenecientes a 18 Departamentos
- Altitud: desde el nivel del mar hasta los 2.872 msnm
- Población: 5.200.000; el 64% de los hogares está por debajo del umbral de pobreza, de los cuales el 71% vive en zonas rurales (1993).
- PIB: 116 USD per cápita, el más bajo de América Central. La distribución de los ingresos está por debajo del promedio mundial, siendo peor la situación en las áreas rurales donde los ingresos de más del 80% de la población no alcanzan para satisfacer sus necesidades básicas.

### **Recursos forestales**

- Área definida como bosque: 77.886 km<sup>2</sup>. Sólo alrededor del 50% de esta superficie tiene de hecho cobertura arbórea.
- Durante los 25 años transcurridos entre 1965 y 1990 la cobertura de bosque disminuyó en 14.283 km<sup>2</sup> (20,1%). La disminución ha sido mayor en especies latifoliadas, con una pérdida de 12.250 km<sup>2</sup> (30,1%).
- Las causas principales de la deforestación son la agricultura migratoria, la conversión para ganadería extensiva y potreros para la cría de vacuno, la sobre explotación de leña y los incendios forestales, que afectan entre todas un total de unas 20.000 ha anualmente.
- El sector agrícola de Honduras está dividido. La mayoría de las fincas son pequeñas, a menudo sobre suelos con pendientes superiores al 30%, y labradas por campesinos que usan prácticas tradicionales de agricultura de subsistencia –semillas o plántones locales, tumba y quema y siembra manual. En el otro extremo encontramos grandes plantaciones y ranchos ganaderos que ocupan grandes superficies de la mejor tierra agrícola, especialmente en los valles del interior, en las planicies y en los valles costeros de la vertiente atlántica.

### **Bosque de zona seca**

- El bosque de zona seca incluye una gran diversidad de especies latifoliadas, y se encuentra en áreas de poca pluviosidad y temperaturas altas en los valles del interior y en las planicies costeras sobre el Pacífico, en el sur del país.



- Las principales especies maderables de estos bosques son: *Swietenia humilis*, *Albizia longepedata* y *Bombacopsis quinata*, que se encuentran en peligro de extinción por la sobre explotación, los cambios en el uso del suelo y la falta de manejo.
- En 1985 se estableció el Proyecto de Conservación y Mejoramiento de los Recursos Forestales de Honduras (CONSEFORH) para conservar la base genética de estas especies y producir semilla mejorada para la reforestación.
- Otras especies amenazadas de esta zona son: *Crescentia alata*, *Simarouba glauca* (con las semillas se hace jabón), *Bursera simaruba* (usada para mondadientes) y *Guayacan guatemalensis*.

#### **Legislación forestal**

- La Ley para la Modernización y Desarrollo del Sector Agrícola (que es parte del Decreto Ley No.31-92 del 5 de enero) incluye medidas para el manejo sostenible de estos bosques.
- El Artículo 71 establece que el aprovechamiento, comercialización e industrialización (interna y externa) de la madera y demás productos forestales podrá hacerse únicamente sujetándose a las disposiciones vigentes.
- El Artículo 73 de la ley, y el 54 de su reglamento, establecen que para asegurar el manejo de estas áreas será norma obligatoria la ejecución de un plan de manejo que incluya una evaluación de impacto ambiental.

#### **Actividades nacionales de conservación in situ**

- Los agricultores han venido realizando la conservación *in situ* de especies agrícolas o de variedades locales tradicionales. Han conservado especies mediante la siembra continua de material local cultivado para consumo propio, reservando cada año suficiente semilla para el siguiente ciclo de cultivo.
- La conservación *in situ* de cultivos agrícolas anuales es muy difícil en los países en desarrollo porque no existen controles a la introducción de semilla mejorada mediante prácticas agrícolas modernas, ya sea en reservas o en áreas de agricultura de subsistencia. Debido a esto, hay una creciente amenaza de erosión de la base genética por la desaparición de las variedades locales, reemplazadas por variedades mejoradas.
- La conservación *in situ* se ha realizado principalmente al proteger ecosistemas que contienen muchas especies nativas, algunas de las cuales están estrechamente relacionadas con especies cultivadas. La implementación ha estado a cargo del SINAPH (Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Honduras) dentro del marco de la Ley Ambiental General.

#### **Colecciones ex situ existentes**

- La composición de las colecciones nacionales es variada. ESNACIFOR (Escuela Nacional de Ciencias Forestales) conserva material nativo de especies latifoliadas y coníferas en su banco de semillas y en huertos semilleros.

#### **Manejo de recursos fitogenéticos**

- La legislación existente debería dictar las políticas para ejercer un control estricto sobre el bosque y su gestión (p. ej. en áreas protegidas). La falta de personal y equipamiento en la actualidad no lo permite.
- La conservación *ex situ* en Honduras y en otros países centroamericanos parece ser la mejor manera de lograr la conservación de los recursos fitogenéticos ante las crecientes amenazas y la extinción de especies forestales. Por esta razón, la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) inició un programa de mejora genética forestal en 1977. Posteriormente, el proyecto CONSEFORH fue establecido en 1987 en ESNACIFOR, con el objetivo específico de conservación y mejora genética de los recursos forestales. Es un proyecto bilateral entre los gobiernos de Honduras y el Reino Unido.
- Entre 1987 y 1994, CONSEFORH recolectó semilla de varias especies

amenazadas del bosques seco, bosque húmedo y bosque de coníferas. Las especies incluían: *Pinus tecunumanii*, *P. caribaea* (var *hondurensis*), *Cordia alliodora*, *Bombacopsis quinata*, *Albizia niopoides*, *Albizia guachapele*, *Swietenia humilis*, y *Leucaena salvadorensis*.

- CONSEFORH estableció: (1) ensayos de procedencia para seleccionar los mejores orígenes, (2) ensayos de progenie para investigar la variación intraespecífica, (3) huertos semilleros para la producción de semilla mejorada y seleccionada, utilizando diseños modernos para la conservación genética, (4) ensayos y demostraciones silviculturales.
- ESNACIFOR aporta los servicios de un banco de semillas que permite la recolección de semillas de árboles seleccionados.

### **Objetivos, políticas, programas y legislación nacional:**

- Los objetivos y metas fijados por el gobierno para el desarrollo de los recursos fitogenéticos de Honduras están relacionados con la aplicación del Convenio sobre Diversidad Biológica.
- Las leyes y regulaciones para la conservación y la gestión de los recursos naturales han sido establecidas de acuerdo a: el principio de sostenibilidad; la ley de modernización de la agricultura; el decreto 31-92 a través del acuerdo 1039-93 para el Reglamento al Título VI (Aspectos Forestales); y los decretos que protegen todas las áreas silvestres (y por ende apoyan la conservación *in situ*), como el Decreto 87-87 que protege los bosques nublados.

### **Nicaragua**

- Área: aprox. 130 244 km<sup>2</sup> Regiones administrativas: municipalidades pertenecientes a 15 Departamentos y 2 regiones autónomas (bajo gobierno propio).
- Altitudes: desde el nivel del mar hasta los 2,438 msnm
- Población: 5,700,000, el 48% de los hogares están por debajo del umbral de pobreza (1998), el 42% de la población vive en zonas rurales.

El país cuenta con un 35% de área forestal La tasa de deforestación es la más alta en América Central –entre 100,000 y 150,000 ha por año, principalmente por la conversión a la agricultura. La conservación de los recursos genéticos forestales es difícil en un país sin políticas adecuadas de conservación de los bosques, y esto es un desafío cuando se usan especies locales en programas de mejoramiento genético a largo plazo. El Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales (CMG&BSF) del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), con la cooperación de DANIDA (Danish International Development Administration), estableció en 1991 una estrategia para el suministro de semilla, el mejoramiento de especies arbóreas y la conservación *in situ* y *ex situ* de recursos genéticos. Esta estrategia incluye especies nativas y procedencias con un alto valor comercial, social o económico, que además estén en peligro de agotamiento genético o incluso de extinción. También se incluyen especies exóticas importantes para el desarrollo forestal de Nicaragua. En el contexto de esta estrategia, se han establecido rodales semilleros y de conservación, principalmente en el área del proyecto, 79 km al noroeste de Managua, la capital.

### **Objetivos de la estrategia**

La estrategia para el suministro de semilla, y el mejoramiento y la conservación genética de especies forestales, tiene los siguientes objetivos:

- Procurar y proporcionar germoplasma de especies forestales de alta calidad y en cantidad suficiente para satisfacer la demanda nacional e internacional.
- Mejoramiento genético de especies forestales con gran importancia comercial, social o económica.
- Conservación de especies y procedencias forestales importantes que estén

- en peligro de extinción o en un proceso acelerado de erosión genética.
- Fomento entre usuarios locales y regionales del uso de germoplasma forestal de alta calidad genética y diseminación de los resultados e información provenientes de mejoramiento de árboles y la conservación de recursos genéticos forestales.

**Cuadro 5.** Especies prioritarias para las principales zonas ecológicas de Nicaragua

	Zona Seca	Zonas Montana/ Premontana	Zona Húmeda
Especies con alta prioridad	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Ninguna	<i>Pinus caribaea</i>
Especies con prioridad intermedia	<i>Azadirachta indica</i> <i>Bombacopsis quinata</i> <i>Gliricidia sepium</i>	<i>Pinus tecunumanii</i>	<i>Tectona grandis</i>
Especies incluidas en programas especiales de investigación	<i>Cedrela odorata</i> <i>Swietenia humilis</i>	<i>Cedrela odorata</i>	<i>Cedrela odorata</i> <i>Swietenia humilis</i>
Especies con baja prioridad	<i>Albizia guachapele</i> <i>Albizia saman</i> <i>Caesalpinia velutina</i> <i>Callycophyllum candidissimum</i> <i>Cassia siamea</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Dalbergia retusa</i> <i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Leucaena salvadorensis</i> <i>Simarouba glauca</i> <i>Tabebuia rosea</i>	<i>Calliandra calothyrsus</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Juglans olanchana</i> <i>Liquidambar styraciflua</i> <i>Pinus maximinoi</i>	<i>Acacia mangium</i> <i>Calliandra calothyrsus</i> <i>Carapa guianensis</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Dalbergia tucurensis</i> <i>Gmelina arborea</i> <i>Terminalia ivorensis</i> <i>Vochysia guatemalensis</i>

En 1991, un equipo técnico del CMG&BSF elaboró la primera estrategia para el mejoramiento y la conservación de recursos genéticos de especies arbóreas de Nicaragua. La estrategia se concentró en las zonas secas del país y originalmente incluyó 19 especies arbóreas nativas y 8 introducidas recomendadas para el uso por el sector forestal nicaragüense y para las cuales se consideró prioritario el establecimiento de rodales de conservación y huertos semilleros. La conservación de la diversidad de especies y procedencias forestales se consideró importante. La selección de especies estuvo basada en una importancia económica comprobada, una demanda actual alta de semilla y alta probabilidad de demanda futura, versatilidad en el uso, y peligro de extinción y/o erosión genética.

La estrategia fue revisada en 1994 y ampliada para que abarcara la totalidad del territorio nacional. Para su implementación, el país se dividió en tres zonas ecológicas principales: i) zona seca (25 000 km<sup>2</sup>); ii) zona premontana (20 000 km<sup>2</sup>); iii) zona húmeda (75 000 km<sup>2</sup>). En 1992, *Pinus caribaea* (zona húmeda) y *Eucalyptus camaldulensis* (zona seca) constituían la mayoría de las plantaciones industriales. Sin embargo, en años recientes ha sido evidente el aumento considerable en el uso de especies nativas latifoliadas para la producción de madera de alta calidad o para sistemas agroforestales.

#### **Mejoramiento de especies arbóreas**

Los programas de mejoramiento tendrán tres niveles de intensidad, dependiendo de la importancia de la especie: extensivo, intermedio e intensivo.

*Nivel extensivo* – para las especies de menor importancia. Se establecerán

huertos semilleros de brinzales o rodales semilleros que cuenten con una amplia base genética obtenida de entre 50 a 100 árboles de la misma procedencia que no estén emparentados y sean fenotípicamente superiores. Estos huertos y rodales semilleros actuarán a la vez como poblaciones seleccionadas y como rodales para la producción de semilla.

*Nivel intermedio* – para especies de prioridad intermedia. El nivel intermedio se desarrolla por las dos razones siguientes: (1) para garantizar el mejoramiento de especies de cierta importancia, aunque no estuvieran incluidas en el programa intensivo y (2) preparar un programa de mejoramiento genético flexible en caso de un cambio de prioridades. Para todos los niveles se usó un enfoque de poblaciones múltiples y la conservación está estrechamente ligada al mejoramiento. Se establecerán huertos semilleros de brinzales usando progenie de polinización abierta de entre 30 a 60 (a veces más) árboles superiores seleccionados y no emparentados. Existe la posibilidad de establecer varios huertos semilleros de brinzales para cada especie. Inicialmente, estos huertos semilleros se utilizarán también para realizar los ensayos de progenie, que proporcionen información sobre el valor genético de los árboles madre.

*Nivel intensivo* – incluye dos especies de alta prioridad: *Eucalyptus camaldulensis* y *Pinus caribaea*. Se desarrollarán planes de mejoramiento más elaborados para maximizar la producción y otras características económicas, de manera que aumenten los beneficios para el sector forestal en diferentes zonas ecológicas. Al diseñar estos planes de mejoramiento se tendrán en cuenta de manera realista los recursos económicos y de personal disponibles en el CMG&BSF.

### **Conservación de recursos genéticos forestales**

Los esfuerzos para la conservación de los recursos genéticos serán la base de los trabajos de mejoramiento de árboles y se llevarán a cabo (i) *in situ*, para especies y procedencias de alta prioridad y de valor genético comprobado, y (ii) *ex situ*, adicionalmente a las estrategias *in situ* para estas mismas especies y en algunos casos también para especies de menor prioridad. Sólo se podrá realizar la conservación *in situ* en áreas donde la presión sobre los recursos forestales permita una gestión sostenible. En la mayoría de los casos será necesaria la conservación *ex situ* como complemento de la conservación *in situ*. Esta estrategia reconoce la necesidad de identificar especies y procedencias prioritarias para su conservación y para una gestión de los recursos que satisfaga las necesidades de conservación. Se requieren acciones urgentes para conservar *in situ* algunas de las procedencias naturales de *P. caribaea*, incluyendo la procedencia de Alamicamba, de importancia internacional. La estrategia incluye otras especies de gran valor económico como *Bombacopsis quinata*, *Swietenia humilis* y *S. macrophylla*. Hasta ahora, la procedencia Yucul de *P. tecunumanii* –que resultó ser la mejor en ensayos internacionales– es la única especie que de hecho el CMG&BSF conserva *in situ*.

### **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) lidera los esfuerzos internacionales para combatir el hambre. Al servicio de países desarrollados y en vías de desarrollo, la FAO proporciona un foro neutral en el que las naciones se reúnen al mismo nivel para negociar acuerdos y debatir políticas. La FAO es también una fuente de conocimiento e información, que ayuda a muchos países a modernizar y mejorar sus prácticas agrícolas, forestales y pesqueras y a asegurar una mejor nutrición para todo el mundo.

El trabajo de la FAO se agrupa en dos categorías. El *Programa Ordinario* se financia mediante contribuciones de los 191 países miembros y abarca las funciones de la FAO como: i) secretariado internacional para los bosques, la pesca y la agricultura, ii) foro de debate entre naciones y iii) fuente de

asesoramiento especializado en el ámbito técnico, legal y de políticas para estos campos. Mediante el *Programa de Campo*, la FAO ayuda a los gobiernos y al desarrollo e implementación de estrategias nacionales y regionales enfocadas a un desarrollo rural sostenible. El fundamento de la asistencia técnica al desarrollo de la FAO es apoyar a instituciones nacionales y ayudar a crear capacidades nacionales y locales en las áreas incluidas en los proyectos. Los cinco objetivos principales del Departamento Forestal de la FAO, de acuerdo con su plan a medio plazo para 1992-1997 son los siguientes y son de aplicación igualmente al *Programa Ordinario* y a los *Programas Forestales de Campo*.

- proporcionar asistencia a países para mejorar la productividad y uso sostenible del bosque y recursos forestales, con vista a maximizar su contribución al desarrollo rural y socio-económico
- fomentar la conservación de ecosistemas forestales y la integración de los bosques y los árboles en los diferentes sistemas de uso del suelo
- ayudar a aumentar el valor de la producción forestal - maderable y no maderable
- apoyar a la participación plena y al reparto equitativo de beneficios entre todas las personas que dependen de las actividades forestales, en particular a los grupos más vulnerables
- procurar políticas y asesoramiento a la planificación a las administraciones forestales nacionales.

Como parte del Programa Ordinario, el Cuadro de Expertos en Recursos Genéticos Forestales fue establecido en de acuerdo con las directivas del Período de Sesiones 14 de la Conferencia de la FAO (1967, párrafos 244-245): '244. Recursos Genéticos de Forestales... Reconoció que, a medida que el el desarrollo progresa tanto en las zonas menos adelantadas del mundo como en las más adelantadas, las reservas de variación genética conservadas en los bosques naturales han sido o están siendo desplazadas en una escala cada vez mayor. Además, los intentos de descubrir y recolectar recursos genéticos forestales han resultado, a escala mundial, insuficientes e inadecuadamente coordinados. 245. La Conferencia pidió al Director General que creara un Cuadro de Expertos en Recursos Genéticos Forestales para ayudar a planificar y coordinar los esfuerzos de la FAO en cuanto a la prospección, utilización y conservación de recursos genéticos de árboles forestales, y en particular a preparar un programa detallado a corto plazo, y otro a largo plazo, para la actuación de la FAO en este campo, así como a remitir información a los Estados Miembros.' El Programa Ordinario de la FAO tiene un alcance más limitado que el Programa de Campo, pero a través del Cuadro de Expertos asigna fondos para acciones específicas que ayudan a la conservación y utilización de Recursos Genéticos Forestales (RGF), a menudo dirigidas a especies concretas. En el año 1994/95, asignó 82 000 USD a un total de 23 países (promedio de 3 600 USD por subvención, máximo 11 000 USD, mínimo 2 000 USD) en colaboración con institutos nacionales para la prospección, recolección de semilla, distribución, conservación *in situ* y *ex situ*, y el establecimiento y evaluación de ensayos de campo.

El Programa de Campo de FAO, más grande, incluyó 61 proyectos (financiación total externa de 120 millones USD) para actividades principalmente en una o más de las siguientes áreas relacionadas con los RGF: i) abastecimiento de semilla forestal; ii) mejoramiento y conservación de RGF; iii) conservación y protección de la naturaleza; iv) silvicultura. Sin embargo, la mayoría de proyectos (en número y en fondos asignados) se centraron en África y la región de Asia/Pacífico, con tan solo 8 para la región de Latinoamérica/Caribe y ninguno para el trópico seco de esta región. Los proyectos incidieron en la conservación *in situ* de ecosistemas y el uso sostenible de los bosques.

## Fuentes de información

Este estudio tiene su origen principalmente en las fuentes siguientes:

Hellin JJ, Hughes CE. 1993. *Leucaena salvadorensis*: conservación y utilización en Centro América, Serie Miscelánea de CONSEFORH 15-15/92. CONSEFORH, Siguatepeque, Honduras.

Lopes A. 1996. The effects of forest fragmentation on genetic variation in *Leucaena salvadorensis* populations. Tesis MSc no publicada. Universidad de Oxford

# Manual de Formación en Recursos Genéticos Forestales

## MÓDULO 1 Estrategias para la conservación de especies

### 1.1 *Leucaena salvadorensis*: variación genética y conservación

- 1.2 *Talbotiella gentii*: variación genética y conservación
- 1.3 *Shorea lumutensis*: variación genética y conservación

## MÓDULO 2 Árboles fuera del bosque

- 2.1 Conservación de la diversidad de especies arbóreas en cacao agroforestal en Nigeria
- 2.2 Opciones para la conservación de dos especies arbóreas fuera del bosque

## MÓDULO 3 Cadena de abastecimiento de semilla y germoplasma de árboles

- 3.1 Cuellos de botella genéticos en la restauración de *Araucaria nemorosa*
- 3.2 Plantación de árboles en fincas en África Oriental: ¿cómo asegurar la diversidad genética?

## MÓDULO 4 Manejo forestal

- 4.1 Impactos de la tala selectiva en la diversidad genética de dos especies maderables amazónicas
- 4.2 ¿Degradan las talas selectivas la calidad genética de las generaciones futuras mediante selección disgénica?
- 4.3 Conservación de *Prunus africana*: análisis espacial de la diversidad genética para la gestión de productos forestales no maderables

## MÓDULO 5 ¿Cuán local es lo local? – la escala de adaptación

- 5.1 Selección de material de plantación para la restauración forestal en el Pacífico noroeste de los Estados Unidos
- 5.2 Adaptación local y restauración forestal en Australia Occidental

Otros módulos en esta serie:

*Plantaciones forestales, Domesticación de especies arbóreas, Restauración forestal, Modificación genética*