



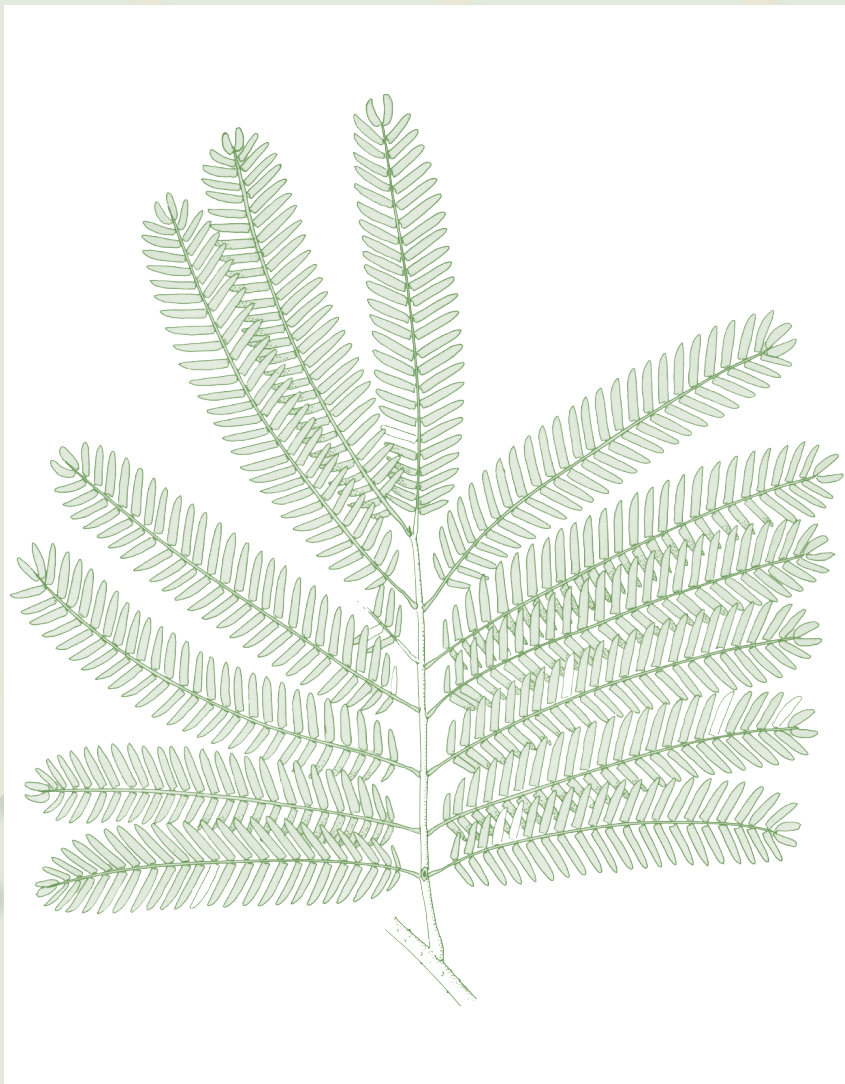
# MÓDULO 1

## Estrategias para la conservación de especies

### Notas para el Profesor 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.

Esta guía de capacitación fue validada 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

#### Notas para el Profesor 1.1

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

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

#### Introducción

El objetivo de estas Notas para el profesor es ayudar a los profesores a usar en la clase el **Estudio de Caso 1.1 *Leucaena salvadorensis*: variación genética y conservación**. Las notas:

- describen los conceptos clave que presenta el estudio de caso, con referencias a libros de texto y artículos sobre recursos genéticos forestales dónde encontrar explicaciones (referencias completas al final de estas notas).
- proporcionan consejos prácticos sobre cómo preparar y realizar el ejercicio, y discutir las principales cuestiones de aprendizaje (genéticas u otras) que los estudiantes deberían ser capaces de extraer del estudio de caso.
- ofrecen un comentario a la presentación PowerPoint utilizada para presentar el estudio de caso a los estudiantes. La presentación contiene fotos de la especie, los sitios en dónde se encuentra, asuntos relevantes relacionados con el uso de la tierra en la zona y figuras/cuadros del ejercicio.

En el DVD que acompaña estas notas se encuentran se pueden encontrar los siguientes materiales de apoyo, así como también en la página web del Manual de Formación en Recursos Genéticos Forestales en [www.biodiversityinternational.org](http://www.biodiversityinternational.org)

- Presentación PowerPoint del Profesor
- Vídeo con información general del género *Leucaena* y la importancia de la diversidad de la especie
- El Estudio de Caso.

#### **Conceptos clave para introducir y considerar en este Estudio de Caso**

##### **Conservación en términos generales**

- **Conservación: *in situ*, *ex situ*** ver FAO et al. (2004a) pp 5-16, 33; FAO et al. (2001); FAO et al. 2004b; Finkeldey (2005), pp. 181-198; Geburek & Turok (2005) pp. 6-8, 535-562, 567-581, **y conservación en fincas - *circa situm***: Boshier et al. (2004).

##### **Conceptos de genética**

- **La regla 50/500 y el tamaño efectivo de población comparado con el tamaño censal:** ver FAO et al. (2004a) pp. 43-44; FAO et al. (2001) pp. 7, 10, 61; FAO et al. (2004b) 10-12; Finkeldey (2005) pp. 177, 181-198; Geburek & Turok (2005) pp.162-164, 420-431.
- **Procesos genéticos asociados a poblaciones pequeñas – mayor deriva genética, cuellos de botella, aumento de la endogamia y por ende homocigosidad:** ver FAO et al. (2004a) pp. 43-44; Finkeldey (2005) pp. 75-76.

- **Mecanismos de autoincompatibilidad:** ver Finkeldey (2005) pp. 91-93; Geburek & Turok (2005) pp. 177-180, 428.
- **La regla de un migrante por generación ( $N_m > 1$ ;** (ver Geburek & Turok 2005 pp 203, 442).

## Cómo realizar el ejercicio

Hay varias maneras de realizar el ejercicio dependiendo del tiempo disponible y del número de estudiantes. El ejercicio funciona mejor si los estudiantes pueden trabajar en grupos de 4 a 5 personas (no más de 6). Es mejor si los estudiantes ya han leído el estudio de caso antes de iniciar el ejercicio, *pues así no pierden tiempo valioso de clase mientras lo leen*. Entregue por tanto el estudio de caso en una clase previa y ¡recomiende que lo lean antes de la siguiente clase! ¡No sobra advertir que el profesor y sus asistentes deben estar familiarizados con el documento completo! N.B: el ejercicio se situó en el contexto de la década de 1990, tanto en términos del estado de la especie como del perfil nacional y aunque existe información más reciente y el contexto ha cambiado, estos **no se incluyen** ya que no son relevantes para el ejercicio.

Número ideal de estudiantes: 12-20

Duración ideal de la clase: 3 horas, distribuidas así:

- **Introducción** - use el vídeo y luego la presentación de PowerPoint - *aproximadamente 30 minutos*.
- **Trabajo en grupo** - apropiado para 2-4 grupos, de 4-5 participantes cada uno. Cada grupo diseña una estrategia para un país diferente y uno de los grupos representa una organización internacional de conservación. Cada grupo tiende a asumir un enfoque diferente, de manera que se discuten diferentes aspectos y al final se habrán tratado casi todos los puntos. Los estudiantes discuten el estudio de caso entre ellos, respondiendo a puntos **específicos** y desarrollando su estrategia. El profesor debe estar presente para responder las inquietudes que tengan los grupos. Sin embargo, no es necesario que el profesor pase todo el tiempo con toda la clase reunida. Una vez que el profesor y los grupos consideren que han entendido la tarea y los temas, cada grupo se puede reunir por su cuenta para discutir y preparar la estrategia fuera de las horas de clase – *1.5 horas*.
- **Presentaciones** – cada grupo presenta oralmente su estrategia a la clase con la ayuda de papelones o una presentación **PowerPoint**, donde anotarán los puntos principales – *10 minutos por presentación* más 5 minutos después de cada una para que el resto de la clase y el profesor hagan preguntas y comentarios.
- **Discusión final** – liderada por el profesor, permitiendo que los alumnos hagan comentarios generales sobre lo que les pareció bueno, lo que hizo falta, etc. – *10 minutos*.

## Información de contexto

**Vídeo** – éste dura 18.5 minutos y presenta información de contexto sobre el género *Leucaena* y la importancia de usar una diversidad de especies. El vídeo hace referencia específica a *L. salvadorensis* y muestra las condiciones en las que se encuentra la especie.

**PowerPoint** – presentación de aproximadamente 20 minutos. Vuelve a enfatizar algunos de los puntos del vídeo pero además permite explicar algunos puntos específicos tratados en el estudio de caso.

*Diapositiva 2* – un mapa y un cuadro del ejercicio que muestran la distribución de la especie y los tamaños de las poblaciones (también las Diapositivas 9 y 10).

*Diapositivas 3 a 5* – tienen fotos de poblaciones específicas de *L. salvadorensis* e ilustran la falta de cobertura de bosque en el paisaje y los árboles que mantienen los agricultores en sus fincas. La población de Nueva Esparta está compuesta por sólo 16 árboles que se encuentran en tierras de un agricultor. De éstos, 3 son árboles adultos y los demás mucho más jóvenes; esto indicaría que el tamaño efectivo de población es mucho menor.

*Diapositivas 6 y 7* – muestran cómo la autoincompatibilidad resulta en una baja producción de vainas en *L. salvadorensis*, en comparación con *L. leucocephala* que es autocompatible y puede por ende llegar a convertirse en maleza.

*Diapositiva 8* – muestra la base genética del mecanismo de autoincompatibilidad (AI) en *L. salvadorensis*. El profesor puede explicar que el sistema (AI gametofítica) es causada por alelos AI. En la mayoría de poblaciones hay un número elevado de alelos AI, de modo que la mayoría de cruzamientos son compatibles y producen semilla (N.B. esto es opcional dependiendo de si el grupo es capaz de entender este nivel de complejidad).

*Diapositiva 9* – trata los diferentes objetivos de la conservación – el profesor debe hacer hincapié en la necesidad de que los alumnos definan primero un objetivo para su estrategia de conservación. Frecuentemente los estudiantes no definen una estrategia o se les olvida explicar en qué consiste. Sin esta, es imposible juzgar la eficacia de una estrategia de conservación. Los objetivos deberían ser relevantes y realistas, y evitar el síndrome de “la operación quirúrgica fue un éxito, pero el paciente se murió”. Es decir, ejecutamos todas las actividades con éxito, pero no sirvieron de nada.

*Diapositivas 10-11* – tratan el tema del tamaño de la población. Relacione esta información con los tamaños de población del Cuadro 1 (Estudio de Caso). Observe cómo el traslape entre generaciones significa que los tamaños efectivos de población de estos remanentes serán inferiores a los respectivos tamaños censales.

*Diapositivas 12 a 15* – resumen los diferentes enfoques para la conservación y los problemas asociados. El énfasis debería ponerse en su naturaleza complementaria, y *no excluyente*. Sin embargo, el énfasis cambiará en función de las características de la especie y la población de estudio.

*Diapositivas 16 a 18* – presentan la idea y debaten si los árboles encontrados en paisajes agrícolas son importantes para la conservación de algunas especies (a veces conocida como conservación *circa situm*) y el punto de vista negativo de que no lo son (para mayor información ver la introducción al Módulo 2: Árboles Fuera del Bosque).

*Diapositivas 19 a 20* – le dan la oportunidad al profesor de presentar el concepto de alelos comunes o raros y alelos ampliamente distribuidos o localizados (ver Recuadro 1 a continuación).

*Diapositiva 21* – le permite al profesor explicar lo que muestra el dendrograma del ejercicio: qué poblaciones están más estrechamente ligadas entre sí en términos genéticos. El profesor puede aludir a la idea de que este análisis puede ayudar a identificar las poblaciones prioritarias para los esfuerzos de conservación.

*Diapositiva 22* – le permite al profesor explicar la importancia para el ejercicio del Cuadro 4 y la figura 3; es decir, mostrar cómo son de cortas las distancias geográficas entre poblaciones en la mayoría de los casos y que la distribución

total sólo abarca 160 km. La Figura 4 usa los datos del Cuadro 3 y muestra que el flujo de genes disminuye cuanto mayor es la distancia entre poblaciones. Se puede introducir aquí el concepto de que un migrante por generación ( $Nm > 1$ ) puede ser suficiente para prevenir la diferenciación entre poblaciones; este concepto se puede usar para establecer las prioridades de conservación.

*Diapositivas 23 a 24* – permiten al profesor repasar lo que los estudiantes deben hacer para ejecutar el ejercicio. El profesor hará hincapié en: a) la necesidad de ser específico en cuánto a los puntos que incluye la estrategia – los estudiantes tienden a ser muy generales en sus recomendaciones; b) la necesidad de priorizar – los estudiantes tienden a recomendar hacer de todo, sin entender que los recursos para estas acciones son extremadamente limitados; c) la necesidad de indicar qué información o pruebas utilizaron para justificar cada acción recomendada; d) que los estudiantes deben presentar un caso contundente capaz de convencer a un donante o a un gobierno de otorgarles fondos, promulgar una política, o legislar a favor de la conservación de la especie en cuestión.

## **Puntos importantes a resaltar en la discusión e incluir en las estrategias de los estudiantes**

### **Comentarios acerca de las preguntas**

Analice lo siguiente:

- *¿Cómo ha cambiado la estructura genética de *L. salvadorensis* como resultado de la intervención humana?*

El texto debe permitir a los estudiantes identificar que no hay evidencia de que la distribución de la especie haya sido mucho mayor de lo que se muestra actualmente en la Figura 1. Sin embargo, la distribución está fragmentada debido a la intervención humana y los tamaños de las poblaciones se han reducido bastante.

- *¿Cuál es el sistema de apareamiento? ¿Cuál es el mecanismo de dispersión de la semilla y el polen?*

Ver la sección de Fenología en las *Diapositivas 6 y 7*.

- *¿Cuáles son los niveles de variación genética y cómo se distribuyen los alelos entre todas las poblaciones? ¿Elaborar una **lista** de los alelos localizados pero comunes?*

Ver Recuadro 1.

- *¿Son válidas las regiones de procedencia indicadas en el mapa? ¿Qué poblaciones son diferentes?*

Claramente las regiones de procedencia del mapa no son válidas. La sección *Distribución* indica que las regiones de procedencia original mostradas en el mapa se definieron con base en las cuencas principales, con la excepción de los extremos occidental y oriental, donde se utilizaron las fronteras entre Honduras y El Salvador, y entre Honduras y Nicaragua, respectivamente. El dendrograma (Figura 2) es la manera más sencilla de ver qué poblaciones son genéticamente similares y cuáles son diferentes. El dendrograma muestra que las poblaciones se pueden agrupar en 3 a 5 regiones de procedencia. Esto le permite al estudiante analizar qué poblaciones se deben conservar; es decir, que no vale la pena invertir los escasos recursos en conservar dos poblaciones que básicamente son genéticamente iguales y contienen los mismos alelos (como La Garita y Río Nacaome). Nueva Esparta (El Salvador) se agrupa genéticamente con San Antonio (Honduras) ya que el flujo de polen no respeta las fronteras políticas (ver también FAO et al. (2004a) p. 31).



**Recuadro 1** Alelos comunes o raros y alelos ampliamente distribuidos o localizados

En un intento por definir las prioridades del muestreo genético o de la conservación, y la “variación útil”, Marshall y Brown (1975) definieron cuatro clases conceptuales de alelos con base en la frecuencia alélica y la distribución dentro y entre poblaciones. Cada alelo se clasifica como raro (frecuencia  $<0.05$  ó  $<0.10$ ), o como común (cuando excede esa frecuencia por lo menos una vez). Estas dos clases de alelos se subdividen a continuación en dos subclases con base en su distribución geográfica: ampliamente distribuidos (si los alelos se encuentran en muchas poblaciones) o localizados (si se encuentran en tan sólo una o unas pocas poblaciones). Con esto podemos producir una matriz:

	Ampliamente distribuidos	Localizados
Comunes	Fáciles de recolectar	prioridad
Raros ( $<0.05$ )	dependiente del tamaño de la muestra	azar

La recolección y conservación de la clase “comunes y ampliamente distribuidos”, la cual se supone que incluye los alelos ampliamente adaptados, no presenta ningún problema pues estos alelos serán recolectados independientemente de la estrategia adoptada. La conservación de los alelos “raros y de amplia distribución” dependerá del esfuerzo total de recolección (es decir del tamaño de la muestra) y no de cómo se distribuya la muestra entre las poblaciones. Marshall y Brown (1975) sostenían que los alelos “comunes y localizados” merecen prioridad en las estrategias de conservación en tanto se supone que incluyen los alelos que confieren la adaptación específica a las condiciones locales. Los alelos específicos del grupo “raros y localizados” son extremadamente difíciles de recolectar (azar) e incluyen variantes raras en la especie (ej. mutantes recientes o dañinos). Una fracción de esta clase quedará incluida, pero la conservación de todos y cada uno de los alelos “raros y localizados” estará más allá de los recursos disponibles.

Utilizando los conceptos de riqueza alélica (frecuencia común  $>0.05$ , rara  $<0.05$ ) y uniformidad alélica (se encuentran ampliamente distribuidos  $>0.25$  de las poblaciones o localizados  $<0.25$  de las poblaciones) los estudiantes deberían poder identificar los siguientes alelos (ver Cuadro 2) como:

- Localizados pero comunes, ej. Pgm-2b Calaire, Pgi-3b La Galera, Pgd-1b San Juan Limay, La Garita.
- Localizados y raros, como Pgm-1a, Pgi-3e, Idh-2d.
- Dispersos y comunes, como Pgm-1b&c, Pgm-2a&c, Pgi-2a,b,c, Pgi-3d, Pgd-1a&c, Idh-1a,b,c, Idh-2a,b,c.
- Dispersos pero raros, como Idh-1d.
- Los alelos Pgi-3a y Pgi-3c se pueden considerar localizados pero comunes, aunque su ocurrencia se presenta en aproximadamente la mitad de las poblaciones y son difíciles de categorizar.

Se puede argumentar que el límite de lo que es raro o común es arbitrario (se establece generalmente como 0.05 ó 0.1). Por tanto Pgm-1a con una frecuencia de 0.085 en Río Nacaome y ausente de todas las otras poblaciones debería ser clasificado más bien como localizado y raro.

- *Los colectores originales agruparon la semilla de Calaire y de Charco Verde como si fueran una misma procedencia. ¿Es esto válido?*

No, teniendo en cuenta los datos genéticos – Charco Verde se agrupa genéticamente con La Garita y Río Nacaome. Sin embargo, el pequeño tamaño de Charco Verde (79 árboles) y en particular el pequeño número de árboles (seis,

Cuadro 1) del que se tomó una muestra de las semillas significa que los efectos de muestreo/deriva tendrán una gran influencia en la relación. No sería por tanto oportuno considerarlas como genéticamente distintas y agruparlas juntas por el hecho de estar a 11 km de distancia y encontrarse en áreas climáticas muy similares.

- *La capacidad de obtener conclusiones definitivas de los datos genéticos queda limitada por unos tamaños de muestra pequeños para algunas poblaciones, aunque el uso de semilla significa que dentro de cada población se muestrearon más árboles que los árboles semilleros.*

La información ecológica como precipitaciones y altitud, de la Tabla 1 puede ayudar a la conservación genética al indicarnos las poblaciones con probabilidad de experimentar presiones de selección ambiental similares/diferentes, y por tanto de ser genéticamente distintas. En este caso, la información del Cuadro 1 sugiere relaciones similares a aquellas mostradas en la Figura 2, siendo únicamente no aparentes las diferenciaciones entre La Galera, Calaire y Charco Verde.

### **Enumere los problemas según el tipo**

#### **Genéticos**

- *¿Qué poblaciones son demasiado pequeñas?*

La mayoría de las poblaciones son muy pequeñas. Sólo 3 (Calaire, La Garita, San Juan de Limay) están en 500 árboles o más. Es probable que los tamaños de población efectivos sean mucho menores debido al traslape entre generaciones (ej. se menciona Nueva Esparta por tener tan solo 3 árboles grandes de los 16 árboles remanentes). Es también probable que el mecanismo de autoincompatibilidad (AI) de *L. salvadorensis* reduzca los tamaños efectivos de población y en pequeñas poblaciones, los alelos AI se perderán por deriva, al igual que otros alelos. Con menos alelos AI en una población, más cruces serán incompatibles y no producirán semilla, mientras que cualquier árbol con un único alelo AI tendrá una ventaja reproductiva (al ser compatible con la mayoría del resto de árboles) y por tanto dominará la producción, reduciendo el tamaño efectivo de población y la diversidad genética de cualquier regeneración.

#### **Otros**

- *¿Cuáles son las amenazas para *L. salvadorensis* (a corto y largo plazo)?*

Las principales amenazas a corto plazo son la deforestación y la falta de conocimiento sobre *L. salvadorensis* y la preferencia por *L. leucocephala* en programas de reforestación dentro de la distribución natural de *L. salvadorensis*. A largo plazo, el tamaño pequeño de las poblaciones amenaza a la especie en términos de eventos estocásticos y de adaptabilidad evolutiva.

- *¿Qué poblaciones requieren acciones prioritarias y en qué deben consistir éstas?*

La prioridad debe ser la conservación de aquellas poblaciones que tengan las mayores posibilidades de viabilidad (genética y en el contexto social) y que en su conjunto abarquen el rango de diversidad genética intraespecífica.

- *¿Cuáles serán los métodos de conservación –in situ, ex situ, en fincas (circa situm)?*

Ver Puntos Generales a continuación.

- *¿Cuáles son los factores sociales limitantes para la conservación y el establecimiento de plantaciones?*

Las presiones humanas sobre los bosques y árboles restantes. La falta de conocimiento sobre *L. salvadorensis* y la disponibilidad de semillas o plantas de la especie para quienes trabajan en la plantación de árboles.



■ *¿Qué necesitan saber los usuarios finales y cómo se lo va a comunicar?*

Las personas involucradas en la plantación de árboles y en el uso de la tierra dentro de la distribución natural de la especie (como las ONG) deben conocer las diferencias entre *L. salvadorensis* y *L. leucocephala*. La estrategia de comunicación requiere la producción de información dirigida (como afiches y volantes).

■ *¿Quién hará, qué y dónde?*

(Ver Puntos Generales y Específicos más abajo).

■ *¿Cómo lo van a financiar?*

Es esencial que los estudiantes entiendan que los recursos para la conservación son limitados y por tanto hay que priorizar las acciones dependiendo de los recursos disponibles. Las acciones principales enumeradas abajo son limitadas pero factibles. La recolección de semilla requeriría fondos adicionales, mientras que la comunicación de la importancia y las ventajas de *L. salvadorensis* requiere un presupuesto modesto que también se beneficiaría de la reasignación de los recursos existentes.

**Las estrategias de los estudiantes deberían indicar:**

***Puntos Generales***

La mayoría de las poblaciones son demasiado pequeñas. Sólo tres (Calaire, La Garita, y San Juan de Limay) contienen 500 árboles o más. Es probable que los tamaños de población efectivos sean mucho menores debido al traslape entre generaciones (y la pérdida de alelos AI).

Los esfuerzos de conservación deben estar dirigidos a aquellas circunstancias en las que los escasos recursos puedan ser más efectivos. No es práctico, ni rentable, recomendar todas las actividades para todas las poblaciones.

Las opciones de conservación estrictamente *in situ* son muy limitadas. Sólo en Nicaragua la población restante está asociada al bosque remanente. Todas las demás poblaciones se presentan como árboles dentro de agroecosistemas modificados antrópicamente (ej. fincas de agricultores) de tal manera que la combinación más efectiva será la de conservación en fincas (*circa situ*) unida a acciones *ex situ*.

***El Salvador***

Solamente hay una población. Esta está en Nueva Esparta y la población es demasiado pequeña. El Cuadro 1 muestra 16 árboles, pero probablemente el tamaño efectivo poblacional es más pequeño (cercano a tres - el número de árboles grandes, ver sección *Recolección de semilla*).

Existen pruebas del efecto de cuello de botella genético (debido a la población tan pequeña) con fijación de algunos alelos (por ejemplo, Pgm-1b, Pgd-1c, Cuadro 2).

La recolección de semilla de los árboles restantes en Nueva Esparta también puede resultar en el uso de material endogámico.

La población de San Antonio, Honduras, es la más cercana en términos de distancia (18 km, Cuadro 4) y en términos genéticos (Figura 2). El valor de Nm (3.6, Cuadro 4) indica un abundante flujo de genes históricamente entre ambas poblaciones.

Las acciones de conservación deben aumentar tanto el tamaño de la población como la diversidad genética. La población de San Antonio es la que está más estrechamente relacionada (ver arriba) y por tanto es el mejor lugar para

recolectar semilla para restaurar la diversidad genética de la población de El Salvador. ¡Es típico que en el ejercicio en clase, el grupo de El Salvador recomiende esta acción, pero durante el ejercicio olviden discutir la posibilidad de intercambiar semilla con el grupo de Honduras!

La lista de especies en peligro que aparece en el Perfil Nacional para El Salvador no incluye a *L. salvadorensis*; esto es indicativo de que hay lagunas de información que la estrategia de conservación debe tener en cuenta.

Con frecuencia, los estudiantes expresan mucha preocupación y entusiasmo por conservar los árboles remanentes de Nueva Esparta. Sin embargo, aunque éstos son los únicos árboles restantes en El Salvador, no hay pruebas de que sean genéticamente distintos o únicos; es decir, la pérdida de estos árboles no implica la pérdida de algo que no se pueda reponer. Los recursos se podrían utilizar mejor para traer material estrechamente relacionado y con una base genética más amplia que brinde mayores perspectivas para la viabilidad de la población a largo plazo. Es también de alta prioridad el atender la falta de conocimiento acerca de la especie dentro del país (tanto a nivel de las políticas nacionales como a nivel local). Una estrategia de conservación se debe vincular a los esfuerzos locales de reforestación de la comunidad para garantizar que se planta *L. salvadorensis* en vez de *L. leucocephala*. Esto debería incluir acciones que signifiquen una disponibilidad de semilla y brinzales de *L. salvadorensis* (como el uso de semilla importada para plantar un rodal *ex situ* que pueda ser utilizado 2 o 3 años después como rodal semillero).

### **Honduras**

Honduras tiene la mayoría (6) de las poblaciones de esta especie y el rango más amplio de diversidad.

Sólo las poblaciones de Calaire y La Garita tienen >500 árboles (Cuadro 1); las demás son muy pequeñas para pensar en su viabilidad a largo plazo.

Existen pruebas de cuellos de botella genéticos (debidos a un tamaño de población pequeño) con fijación de un rango de alelos (por ejemplo, La Galera *Pgi-2c*, *Idh-1b*, San Antonio *Pgi-3c*, Río Nacaome *Pgm-2c*, Charco Verde *Pgi-3d*; Cuadro 2).

La concentración de esfuerzos de conservación en La Galera, La Garita y Calaire garantizará la conservación de poblaciones genéticamente distintas, que son las más viables en términos del tamaño de la población y contienen entre todas los alelos comunes pero localizados.

Como la semilla puede permanecer viable durante muchos años, la colecta de semilla de las poblaciones de La Galera, La Garita y Calaire y su conservación en un banco de semillas garantizaría la conservación *ex situ* de la mayoría de la diversidad genética en Honduras, en caso de que las poblaciones remanentes *in situ* fueran destruidas. La estrategia debe especificar los detalles de la recolección de semillas, como por ejemplo: se deben coleccionar cantidades iguales de semilla de las poblaciones de La Galera, La Garita y Calaire, de por lo menos 20 árboles separados entre sí por una distancia de 100 m.

### **Nicaragua**

Sólo hay una población, pero es la más grande de la especie (>1000, Cuadro 1). Por tanto no hay pruebas del efecto de cuello de botella genético (debido a un tamaño pequeño de la población) sin fijación de alelos para los loci estudiados (S JL, Cuadro 2). Esta es la más viable de todas las poblaciones. Las acciones de conservación podrían ser relativamente pequeñas, considerando

que la población es grande y no hay ninguna evidencia de una amenaza inmediata. Se requerirá algún tipo de monitoreo para asegurarse de que la población se está manteniendo y que no está disminuyendo de tamaño. Valdría la pena una recolección de semilla para conservar la población *ex situ* (como para Honduras), para evitar la pérdida de recursos genéticos en caso de la destrucción catastrófica de la población *in situ*.

La baja prioridad asignada a la especie (ver Perfiles Nacionales) en Nicaragua nos está indicando que los recursos para la conservación serán limitados y que por tanto se deben aprovechar las iniciativas existentes de plantación de árboles.

### **Internacional**

Las organizaciones internacionales intentan apoyar las actividades que conduzcan a la conservación de especies amenazadas a nivel mundial. A partir de la información proporcionada por FAO, es improbable que se le asigne una gran cantidad de fondos a través del Programa de Campo, dada la falta de acción en las regiones secas de Latinoamérica. Es más probable que se le asignase una pequeña suma (notar las cifras media, mínima y máxima) del Programa Ordinario. Los fondos son normalmente limitados y por tanto deben ser asignados donde tengan la mayor probabilidad de tener un impacto significativo, en vez de la opción políticamente fácil de repartir los fondos equitativamente entre países. Por tanto, no hay ninguna justificación para asignar recursos a El Salvador: la población es demasiado pequeña para ser viable, y además, no contiene una diversidad genética inusual. La prioridad sería la de ayudar a la conservación de poblaciones genéticamente distintas en Honduras y Nicaragua. El apoyo más efectivo en cuanto a costos sería probablemente el financiar la recolección y la conservación *ex situ* de semilla (ver Perfiles Nacionales de Honduras y Nicaragua). Una mayor proporción de los fondos debería asignarse a Honduras donde hay más poblaciones de las que recolectar semilla (3 en Honduras, 1 en Nicaragua). El grupo podría proponer el intercambio de semilla entre países de manera que se guarde semilla en más de un banco de semillas, y así ayudar a asegurar la conservación si fallase uno de los bancos.

Suele ser característico que el grupo internacional recomiende acciones para cada país, pero olvide discutir las propuestas con los grupos de los otros países durante el ejercicio. ¡Algo que tal vez sucede con frecuencia en la vida real! Si este grupo olvida de hecho discutir con el resto de grupos, en la discusión final el profesor puede usar esto como un ejemplo de la importancia de involucrar a todos los actores (con una comunicación efectiva entre ellos) al diseñar e implementar esfuerzos de conservación realistas.

### **Seguimiento**

Si el profesor encuentra que uno o más grupos ha recomendado todas las posibles acciones concebibles como parte de su estrategia, puede realizar un corto ejercicio con el propósito de hacerles reconsiderar y priorizar las acciones propuestas. Explique a los grupos que dispondrán de tan solo 10 000 USD para implementar su estrategia y pídales que indiquen cuales de entre las actividades propuestas financiarían con los recursos existentes. Normalmente esto hace que rápidamente los grupos descubran la realidad de lo que normalmente hay disponible y que muchas acciones propuestas se eliminen tras ser consideradas como superfluas. A continuación se ofrecen ejemplos del costo aproximado de posibles actividades. N.B.: estas no son las únicas opciones y se pueden incluir otras.

Actividad	Costo USD
Recolección de semilla por población	1000
Establecer rodal de conservación <i>ex-situ</i> , por población	500
Ensayo de procedencias, por sitio	2000
Mantenimiento del rodal o ensayo de conservación en los 3 primeros años	500
monitoreo, por sitio y año	100
Material de disseminación, por publicación (incluye distribución)	1000
Taller internacional para promoción de la conservación de <i>L. salvadorensis</i>	3000
Nuevo estudio de marcadores moleculares (asume material ya ha sido recolectado)	5000

## Más información

Boshier DH, Gordon JE, Barrantes AJ. Prospects for *circa situm* tree conservation in Mesoamerican dry forest agro-ecosystems. En GW Frankie, A Mata, SB Vinson, editores. Biodiversity conservation in Costa Rica, learning the lessons in the seasonal dry forest. Berkeley, University of California Press. pp. 210–226.

FAO, DFSC, IPGRI. 2001. Conservación y Manejo de los Recursos Genéticos Forestales: Vol. 2: En Manejo de bosques naturales y áreas protegidas (*in situ*). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.

FAO, DFSC, IPGRI. 2004a. Conservación y Manejo de los Recursos Genéticos Forestales: Vol. 1: Perspectiva general, conceptos, y varios enfoques sistemáticos. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.

FAO, DFSC, IPGRI. 2004b. Conservación y Manejo de los Recursos Genéticos Forestales: Vol. 3: En plantaciones y bancos de germoplasma (*ex situ*). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.

Finkeldey R. 2005. An Introduction to Tropical Forest Genetics. Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August-University Göttingen, Germany. .

Geburek T, Turok J, editores. 2005. Conservation and management of forest genetic resources in Europe. Arbora Publishers, Zvolen, Eslovaquia.

Marshall DR, Brown ADH. 1975 Optimum sampling strategies in genetic conservation. En OH Frankel, JG Hawkes, Editores. Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 53–80.

## 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*