

MÓDULO 2

Árboles fuera del bosque

Notas para el Profesor 2.2

Opciones para la conservación de dos especies arbóreas fuera del bosque

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 y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), España.

Nos gustaría dar un agradecimiento especial a Ian Dawson, del World Agroforestry Centre (ICRAF), por haber revisado los estudios de caso presentados en este módulo. Sus valiosos comentarios produjeron mejoras sustanciales en el módulo.

El vídeo 'Restauración de Paisajes Forestales - una visión más amplia' fue escrito y producido por la UICN-Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza en nombre de la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal. Los derechos de autor de las fotografías en la presentación de PowerPoint pertenecen a Colin Hughes, David Boshier, Kathryn Freemark, Mark Sandiford, Google, Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica y Royal Botanic Gardens (Kew).

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. 2012. Opciones para la conservación de dos especies arbóreas fuera del bosque. En: Manual de Formación en Recursos Genéticos Forestales. Editado por D. Boshier, M. Bozzano, J. Loo, P. Rudebjer. Bioversity International, Rome, Italy.

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

ISBN 978-92-9043-904-2
ISSN 2223-0165

Bioversity International
Via dei Tre Denari, 472/a
00057 Maccarese
Roma, Italia
© Bioversity International, 2012
Bioversity International es el nombre operativo del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).

Módulo 2

Árboles fuera del bosque

Notas para el Profesor 2.2

Opciones para la conservación de dos especies arbóreas fuera del bosque

David Boshier, Departamento de Ciencias Vegetales, Universidad de Oxford

El objetivo de estas notas para el profesor es ayudar al profesorado a utilizar en sus clases el **Estudio de Caso 2.2 Opciones para la conservación de dos especies arbóreas fuera del bosque**. 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 sobre estos principios (referencias completas al final de estas notas).
- proporcionan consejos prácticos sobre cómo preparar y realizar el ejercicio, y discuten las principales cuestiones de aprendizaje (genéticas u otras) que los estudiantes deberían ser capaces de extraer del estudio de caso.
- ofrecen comentarios adicionales a la presentación PowerPoint utilizada para presentar el estudio de caso a los estudiantes. La presentación contiene fotos de las especies, los sitios en dónde se encuentran, asuntos relevantes relacionados con el uso del suelo en la zona y figuras/cuadros del ejercicio.

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

- Presentación PowerPoint para el profesorado
- Vídeo de corta duración
- El Estudio de Caso.

Conceptos clave que introducir y considerar en este Estudio de Caso

El ejercicio examina los temas siguientes en relación con la conservación de árboles fuera del bosque.

Conservación, en términos generales

- **Conservación de especies y genotipos:** ver FAO et al. (2004a) pp. 11-14; FAO et al. (2001) pp. 7-10; FAO et al. (2004b) pp. 3-4; Finkeldey (2005) pp. 183-185; Geburek & Turok (2005) pp. 304-306, 391-399, 545-554.
- **Corredores biológicos, fragmentación, conectividad – flujo genético y mantenimiento de poblaciones viables:** ver FAO et al. (2004a) pp 43-44; FAO et al. (2001) pp 45-47, 64; Boshier et al. (2004); Finkeldey (2005) pp. 93, 177-178; Geburek & Turok (2005) pp. 426-432, 440-443.
- **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 mediante el uso en fincas - *circa situm*:** Boshier et al. (2004).
- **Materiales de reproducción: origen y recolección:** ver FAO et al. (2004a) pp. 47; Geburek & Turok (2005) pp. 569-570.

Conceptos de genética

- **Procesos genéticos asociados a poblaciones pequeñas – mayor deriva genética, efecto cuello de botella, y aumento de la endogamia:** ver FAO et al. (2004a) pp. 43-44; Finkeldey (2005) pp. 75-76; Geburek & Turok (2005) pp. 426-432.
- **Diferenciación entre poblaciones Gst/Fst:** ver FAO et al. (2004a) pp. 41; Finkeldey (2005) pp. 111-115; Geburek & Turok (2005) pp. 264-266.
- **Mecanismos de autoincompatibilidad:** ver Finkeldey (2005) pp. 91-93; Geburek & Turok (2005) pp. 177-180, 428.

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 trabajan en grupos de 4 a 5 personas (no más de 6). Es preferible que los estudiantes hayan 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 en su totalidad! N.B. El ejercicio se estableció en el contexto de mediados de la década de 1990, tanto en términos del estado de conservación de las especies como del contexto social. Por tanto, **no se ha incluido** información más reciente sobre el contexto y estado de conservación, ya que no se consideran relevantes para el ejercicio.

Número ideal de estudiantes: 4-15

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

- **Introducción:** use el vídeo y a continuación la presentación PowerPoint - *aproximadamente 40 minutos*.
- **Trabajo en grupo:** apropiado para 1-3 grupos, de 4-5 estudiantes cada uno. Cada grupo desarrolla un plan de acción. Cada grupo tiende a asumir un enfoque diferente y discutir problemáticas distintas, de modo que al final se acaban tratando la mayoría de problemáticas. Los estudiantes discuten el estudio de caso entre ellos, para poder responder a puntos **específicos** y desarrollar su plan de acción. El profesor debe estar presente para responder las inquietudes que tengan los grupos. Sin embargo, no es necesario que el profesor esté presente todo el tiempo con la totalidad de la clase. 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 – *90 minutos*.
- **Presentaciones:** cada grupo presenta oralmente su plan de acción al resto de la clase (con ayuda de papelones o una presentación **PowerPoint**) – 10 minutos por presentación más 5 minutos de preguntas y comentarios después de cada una por el resto de la clase y el profesor - *15 a 45 minutos, en función del número de grupos*.
- **Discusión final:** liderada por el profesor, pero animando a los alumnos a que hagan comentarios generales sobre lo que les pareció bueno, lo que hizo falta, etc. - *10 minutos*.

Información de contexto

En función del tiempo y facilidades disponibles, el profesor puede utilizar cualquier combinación de los recursos siguientes para exponer el contexto y presentar el ejercicio: i) vídeo UICN sobre restauración del paisaje forestal para presentar la temática general; ii) presentación PowerPoint.

Vídeo: dura de 4 a 5 minutos y se titula: '*Restauración del Paisaje Forestal – viendo el panorama completo*'. Producido por la UICN, presenta una visión global de las problemáticas relacionadas con la restauración del paisaje forestal.

PowerPoint: presentación de aproximadamente 30 minutos. Abarca conceptos generales de conservación y, en particular, la noción de la conservación en fincas (*circa situm*). También permite explicar ciertos asuntos específicos tratados en el estudio de caso, en particular la interpretación de datos procedentes de estudios genéticos más complejos.

Diapositiva 1: el título muestra que el tema focal son los árboles fuera del bosque, en lugar del tradicional interés sobre bosque intacto.

Diapositivas 2-3 (opcionales): un ejercicio opcional, que el profesor puede utilizar al comienzo para hacer que los estudiantes empiecen a pensar, es pedirles que de viva voz sugieran respuestas sobre (las respuestas se pueden escribir en la pizarra bajo los encabezados de 'impactos' e 'impactos genéticos'):

¿Cuales son los impactos de la intervención humana sobre los árboles?

¿Cuales son los impactos genéticos de la intervención humana sobre los árboles?

Esto permitirá al profesor hacerse una idea de lo que los estudiantes piensan sobre el tema para decidir qué áreas explorar, de entre las que no se les hubieran ocurrido mencionar a los estudiantes. Una vez realizado, la *Diapositiva 3* puede utilizarse para mostrar los puntos principales suscitados anteriormente por otros grupos de estudiantes.

Diapositiva 4: resume algunos de los impactos. Enfatiza la importancia de mantener poblaciones viables.

Diapositiva 5: hace hincapié en que no se debería considerar los impactos genéticos de manera aislada sino como parte del panorama completo, y enfatizar la necesidad de entender cuáles impactos podrían convertirse en factores limitantes.

Diapositivas 6-11: resumen los planteamientos tradicionales para la conservación *in situ/ex situ* y los problemas relacionados con ellos. El énfasis debería ponerse en que las alternativas son complementarias, no excluyentes. Sin embargo, el énfasis cambiará dependiendo de las características de la especie y la población que se esté estudiando.

Diapositiva 6: los dos planteamientos de conservación principales.

Diapositiva 7: para señalar que la designación de la mayoría de áreas protegidas suele hacerse para la conservación de 'mega fauna' – grandes animales peludos, lo cual crea sesgos en los objetivos de conservación.

Diapositiva 8: la deforestación y la fragmentación no suceden aleatoriamente – normalmente las tierras mejores y más planas se roturan para la agricultura, limitando los bosques a las laderas (fotografía tomada desde un cerro de una reserva biológica en Costa Rica, desde donde se divisa un parque nacional en las colinas de enfrente. Las tierras entre medias han sido roturadas para el cultivo de arroz). Por tanto, es posible que hayan desaparecido tanto las especies como las poblaciones adaptadas a las llanuras y los mejores suelos. Los árboles remanentes en estos casos pueden representar los únicos ejemplos de este acervo de genes y por consiguiente son importantes para la conservación.

Diapositiva 9: resume los temas y limitaciones relacionados con la conservación *in situ*.

Diapositiva 10: los dos planteamientos de conservación principales - ahora se habla de la conservación *ex situ*.

Diapositiva 11: ofrece ejemplos de métodos *ex situ* y algunas de sus limitaciones.

Diapositivas 12-14: presentan la idea y el debate sobre si los árboles que se encuentran en paisajes agrícolas son importantes para la conservación de algunas especies (a veces conocida como conservación *circa situm*) y la opinión negativa de que no lo son. La cita sobre los “muertos vivos” es del renombrado ecologista/conservacionista estadounidense Dan Janzen (ver Caja 1 para definiciones de términos; para mayor detalle puede referirse a la Introducción al Módulo 2: *Árboles fuera del bosque*).

Diapositiva 13: las especies amenazadas *Leucaena collinsii* subsp. *zacapana* y *L. esculenta* conservadas en fincas de Guatemala y México donde el bosque ha desaparecido, i.e. *in situ* ya no es una opción posible. Sistemas agroforestales en los que se conservan árboles maderables valiosos. *Cedrela odorata* en una plantación de café en Costa Rica y *Cordia alliodora* en una plantación de cacao en Honduras.

Diapositiva 14: introduce algunos de los principales temas genéticos de interés a tratar para determinar el potencial de conservación *circa situm*.

Diapositiva 15: impactos genéticos teóricos de la fragmentación; a la izquierda los impactos directos observables; a la derecha, los efectos genéticos esperados que suceden debido a la fragmentación.

Diapositivas 16-18: impactos potenciales de la fragmentación en la diversidad genética y la diferenciación genética entre parches de bosque remanentes:

Diapositiva 16: las fotografías muestran ejemplos reales de la fragmentación (paisaje uniforme - trigales en el sur de Ontario, Canadá; paisaje heterogéneo - fotografía tomada desde un cerro de una reserva biológica en Costa Rica, desde donde se divisa un parque nacional en las colinas de enfrente; las tierras entre medias han sido roturadas para el cultivo de arroz) y los relaciona con distribuciones teóricas de alelos en el paisaje. Un bosque con tres alelos (x,y,z); en A) los alelos están distribuidos aleatoriamente (estructura genética baja) justo después de suceder la fragmentación, los fragmentos son genéticamente similares (es decir, G_{st} bajo); en B) hay una estructura genética alta, p.ej. los alelos podrían reflejar una adaptación a condiciones medioambientales diferentes - colinas/llanuras. La fragmentación lleva a una gran diferenciación genética entre fragmentos (es decir, alto G_{st} - ver referencias en página 1 para más detalle).

Diapositiva 17: post-fragmentación A) los fragmentos están aislados, la deriva provoca pérdida de diversidad dentro de los fragmentos, mayor diferenciación entre ellos con la pérdida posterior de más fragmentos; B) los fragmentos no están aislados, la deriva es reducida por lo que la diversidad dentro de los fragmentos se mantiene y estos apenas cambian genéticamente.

Diapositiva 18: A) los fragmentos están aislados y la deriva provoca pérdida de diversidad dentro de los fragmentos y diferenciación entre ellos; B) (la fotografía muestra el paisaje del estudio de caso de *S. humilis*) los árboles ‘aislados’ en fincas pueden servir de intermediarios del flujo genético (polen o semilla) entre fragmentos de bosque y por tanto reducir o anular los impactos de la fragmentación, es decir, reducir la deriva genética y detener la pérdida de alelos y la diferenciación genética entre fragmentos.

Diapositiva 19: dada la teoría descrita en las diapositivas anteriores, es posible que mantener árboles en fincas aporte una serie de beneficios. Si esto es verdad, entonces debemos mantener una visión más amplia de los tipos de uso del suelo que pueden formar un corredor biológico (esto se menciona en el vídeo de la UICN).

Diapositivas 20 y 21: suscitan la cuestión práctica sobre si los árboles aislados son aptos para la recolección de semilla. ¿Es la semilla de estos árboles principalmente endogámica y como consecuencia causará una baja aptitud reproductiva, debido a la depresión por endogamia y niveles bajos de diversidad genética? La segunda diapositiva muestra predicciones teóricas del modo en que los patrones de apareamiento se ven alterados por la aparición de árboles aislados tras una fragmentación del bosque.

Diapositiva 22: introduce la pregunta focal del ejercicio. ¡Para responderla hacen falta estudios que generen datos reales!

Diapositiva 23: fotografía de una de las especies de estudio (*S. humilis*) en El Salvador, donde el bosque ha desaparecido pero la especie se puede encontrar a menudo en fincas. El texto indica la categoría de amenaza de la UICN para esta especie y los rasgos principales de su biología reproductiva. El mapa muestra la distribución de la especie.

Diapositivas 24-35: permiten al profesor explicar las principales características de los estudios genéticos:

Diapositiva 24: fotografía y mapa de la población fragmentada *S. humilis*. El bosque en la actualidad está restringido en su mayoría a las laderas. La flecha indica la distancia del flujo de polen hasta el árbol 'aislado'.

Diapositiva 25: a medida que el tamaño del fragmento disminuye, la proporción de polinización externa al fragmento aumenta, es decir, la fragmentación no provoca el aislamiento. Desde el punto de vista de los árboles, estos no se encuentran 'aislados'.

Diapositiva 26: dentro de un fragmento, los árboles son polinizados tanto por los árboles del mismo fragmento (61%) como por árboles externos (39%). Un árbol bajo aislamiento de 1 km de distancia no se autopoliniza - es polinizado por árboles entre 2,0-4,5 km de distancia.

Diapositiva 27: la respuesta radica en la biología reproductiva de *S. humilis*: los cruzamientos controlados muestran que apenas hay polinización cruzada (a grandes distancias) y la autopolinización no produce semilla.

Diapositiva 28: características principales del otro estudio (*Pachira quinata*).

Diapositiva 29: las fotografías aéreas permiten contrastar las condiciones de las dos áreas de estudio: bosque seco continuo y pasturas con una baja densidad de árboles remanentes.

Diapositiva 30: mapas de los dos sitios del estudio de *P. quinata* que muestran una mayor densidad y distribución de árboles en grupos en el área de bosque seco.

Diapositiva 31: los valores de la tasa de alo cruzamiento varían en teoría de 0 (autocruza) a 1 (alocruzamiento aleatorio en la población). Un valor de 0,926 muestra una tasa de alo cruzamiento elevada en la que la mayoría de árboles muestran tasas similares de alo cruzamiento (es decir, la correlación del valor de t_m es baja: casi 0).

Diapositiva 32: los árboles en la pastura muestran una tasa de alo Cruzamiento menor, es decir, que hay más autopolinización que en el bosque.

Diapositiva 33: muestra los resultados de otro estudio sobre la misma especie. Con una distancia de aislamiento mayor (>500m), los árboles en pasturas muestran un mayor grado de autopolinización (0,777). Sin embargo, la alta correlación del valor de t_m es importante, con un valor de 0,636. La razón es que esto indica que los árboles de la pastura varían mucho en la medida en que muestran autopolinización (es decir, algunos muestran tasas altas de autopolinización, otros muestran tasas bajas).

Diapositiva 34: los árboles que muestran autopolinización no son los que están más aislados, es decir, que los resultados no confirman la predicción.

Diapositiva 35: la respuesta radica en la biología reproductiva de *P. quinata*. Los cruzamientos controlados muestran que: a) cuando escasea el polen externo (a mayores distancias), el polen propio puede tener éxito reproductivo; b) la capacidad de autopolinización varía entre árboles individuales.

Diapositiva 36: permite mencionar que un gran número de especies arbóreas están designadas como amenazadas. Sin embargo, hay un problema con la precisión de esta estimación, tal y como muestra este estudio. Puede preguntar a sus estudiantes si están de acuerdo, con base en las pruebas del estudio de caso. Las pruebas del estudio sugieren que *S. humilis* (la especie ‘amenazada’) sobrevive bien fuera del bosque, mientras que *P. quinata* lo está logrando a duras penas. *S. humilis* está clasificada por la UICN como Vulnerable (VU) en virtud del criterio A1cd (ver archivo adicional para la lista completa de categorías y criterios). Un taxón es Vulnerable cuando no está En Peligro Crítico o En Peligro pero se está enfrentando a un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en un futuro a medio plazo, tal y como lo definen los criterios: A) Reducción de la población en forma de: 1) Una reducción observada, estimada, inferida o sospechada $\geq 20\%$ en los últimos 10 años o en tres generaciones, cualquiera que sea el periodo más largo, con base en (y especificando) cualquiera de las siguientes: c) una reducción en el área de ocupación, extensión de presencia y/o calidad del hábitat; d) niveles de explotación reales o potenciales.

N. B.: antes de estos estudios, *P. quinata* no estaba clasificada como VU, lo cual explica la clasificación mostrada en la diapositiva.

Diapositiva 37: permite al profesor repasar lo que los estudiantes deben hacer para ejecutar el ejercicio. El profesor debe hacer hincapié en: a) la necesidad de especificar lo que incluye el plan – los estudiantes tienden a ofrecer recomendaciones demasiado generales; 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) que los estudiantes indiquen la información o pruebas que utilizaron para justificar cada acción recomendada; d) que los estudiantes presenten 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; e) que no es necesario responder a todas las preguntas, pero que sí es necesario tener todas ellas en cuenta a la hora de elaborar un plan.

Puntos importantes a resaltar en la discusión e incluir en las presentaciones de los estudiantes

Comentarios acerca de las preguntas

- ¿Cuál es el sistema de apareamiento de cada especie?

Ambas especies muestran predominantemente alo Cruzamiento en bosque no

perturbado. Éste es un rasgo típico de muchas especies arbóreas.

■ *¿Muestran autogamia estas especies? y si es así, ¿bajo qué circunstancias?*
P. quinata muestra un aumento de autopolinización en árboles aislados en pasturas, mientras que no hay pruebas de un aumento de autopolinización en árboles de *S. humilis* en pasturas. En *P. quinata*, el grado de autopolinización aumenta con el aislamiento espacial. Sin embargo, los árboles varían individualmente en su capacidad de autopolinización, de modo que no todos los árboles aislados muestran altos niveles de autopolinización.

■ *¿Cómo responden los vectores de dispersión del polen y la semilla a la fragmentación o el aislamiento?*

En ambas especies, los polinizadores son capaces de moverse entre los fragmentos de bosque o los árboles de pasturas aislados espacialmente. Los polinizadores responden a la fragmentación moviéndose a mayores distancias de lo normal.

■ *¿Causará el mantenimiento de la especie en agro-ecosistemas una reducción de los niveles de variación genética?, y si es así, ¿qué estrategias de manejo se pueden utilizar para evitar dicha reducción?*

Es evidente a partir del Cuadro 1 que *S. humilis* está presente en una proporción similar en fincas como en bosques, lo que indica que es poco probable que haya sufrido una gran pérdida de su diversidad genética debido a la eliminación de malezas y laboreo en fincas. Tampoco hay evidencia de endogamia en los árboles en fincas, lo cual conllevaría también niveles reducidos de variación genética. En contraste, es probable que *P. quinata* haya sufrido una pérdida de variación genética debido a una presencia más reducida en fincas, en comparación con el bosque natural, y merced a una mayor endogamia entre árboles de ciertos tipos de agroecosistemas (p. ej. pasturas sin árboles, principalmente). La página 5 del ejercicio sugiere que *S. humilis* parece estar adaptada ecológicamente a una conservación *circa situm* mediante su uso en fincas, siempre y cuando el laboreo sea mínimo, se controle el movimiento del ganado, y se permitan barbechos esporádicos. *P. quinata*, sin embargo, parece menos adaptada y más susceptible a pérdidas en la cubierta forestal. A continuación se describen con más detalle diferentes estrategias de manejo, en 'acciones específicas'.

■ *¿Cuáles son los factores y amenazas que limitan la presencia permanente de *P. quinata* y *S. humilis* (a corto/largo plazo) en el paisaje agrícola fragmentado? ¿Son las mismas o son diferentes para cada especie? **Piense en agrupar los problemas por tipos, como genéticos** (ej. autofecundación), **ecológicos** (ej. falta de regeneración), o **sociales** (ej. tenencia de la tierra, uso del suelo).*

Las amenazas/factores que limitan el mantenimiento de *P. quinata* y *S. humilis* son en realidad diferentes para cada especie, y requieren acciones diferentes para cada una (ver página 5 del ejercicio).

***Pachira quinata*. A corto plazo:** a) **genéticos** - mayor endogamia en árboles en pasturas (aprox. 25%), con reducciones esperadas en el vigor de la semilla recolectada de estos árboles y por tanto menor crecimiento de los árboles establecidos a partir de dichas semillas; b) **ecológicos** - falta de regeneración, c) **sociales** - talas continuas. **A largo plazo:** a) **genéticos** - pérdida de la diversidad genética, e impactos asociados, debido a: i) pérdida de poblaciones, ii) reducción del tamaño de las poblaciones, y iii) aumento de la endogamia; b) **ecológicos** - ninguno aparente que difiera de los impactos a corto plazo, c) **sociales** - a largo plazo, el uso de la especie es un beneficio potencial, ya que proporciona incentivos para apoyar los esfuerzos por restablecer la especie. Esto también requiere que el uso esté regulado y supervisado para una disponibilidad equilibrada y no incrementar el declive de la especie.

***Swietenia humilis*. A corto plazo:** a) **genéticos** - no parece haber ningún

problema genético. Todavía hay conectividad genética en un paisaje altamente fragmentado y por lo tanto los tamaños de población no se han visto reducidos a niveles en los que la diversidad genética se perdería rápidamente por deriva. No hay pruebas de un aumento de autopolinización con la fragmentación/aislamiento y por ello no se esperan problemas de aptitud reproductiva de las semillas debido a la depresión endogámica; b) **ecológicos** - no parece haber ningún problema ecológico a corto plazo: tanto la producción de semillas como la regeneración son buenas en agroecosistemas; c) **sociales** - la inclusión en CITES y las restricciones asociadas al uso de la especie (real o percibido) puede ayudar a limitar la tala y el uso, pero también puede hacer que aumenten si los agricultores perciben que esto restringe sus opciones de manejo y la capacidad de utilizar sus propios árboles. **A largo plazo:** a) **genéticos** - si el número se redujera a largo plazo podría significar una pérdida de diversidad genética, b) **ecológicos** - no parece haber ningún problema ecológico a largo plazo, c) **sociales** - a largo plazo, el valor que otorgan los agricultores a esta especie es positivo, ya que constituye una motivación para fomentar la regeneración de la especie. Esto también requiere que el uso esté regulado y supervisado para lograr una disponibilidad de uso equilibrada y que no aumente el declive de la especie. En cuanto a impactos a corto plazo, la inclusión en CITES puede tener un impacto perjudicial sobre el mantenimiento de la especie a largo plazo por parte de los agricultores.

■ *¿Qué información adicional permitiría llegar a conclusiones más definitivas?*
Desde el punto de vista de una intervención para la conservación, una cuestión importante es la fuente y el modo en que los agricultores o proyectos obtienen las semillas, con respecto a la viabilidad y el vigor de las semillas de árboles de fincas en comparación con las de los árboles del bosque. El estudio de caso sugiere que podría existir una reducción en el vigor de la semilla y las plántulas de árboles aislados en pasturas de *P. quinata*, debido a la depresión endogámica causada por un aumento de la autopolinización, mientras que para *S. humilis* podríamos esperar niveles de comportamiento similares. Tales estudios de crecimiento sobre semillas y plántulas podrían también ser utilizados como indicadores sustitutivos para saber en dónde están causando la fragmentación y otras intervenciones humanas impactos por reducción de viabilidad, en vez de realizar estudios genéticos de laboratorio mucho más caros. Hay que recordar, sin embargo, que no siempre se puede esperar a adoptar medidas hasta disponer de toda la información deseada.

Los planes de acción deben incluir lo siguiente

■ *Principales características biológicas de la especie y sus implicaciones para la conservación.*

Éstas pueden obtenerse en su mayoría de la información en la página 2. Las implicaciones inmediatas de las características biológicas para la conservación son principalmente: el mayor grado de especificidad de los polinizadores para *P. quinata* en comparación con *S. humilis* y la pobre regeneración natural de *P. quinata* en comparación con *S. humilis*.

■ *Factores limitantes del mantenimiento de estas especies en paisajes agrícolas fragmentados – diferencias entre ambas especies.*

Estos se detallan en la página previa de estas notas.

■ *Acciones específicas para asegurar tanto el uso como la conservación de ambas especies en este agroecosistema (incluyendo el mantenimiento de la diversidad genética). ¿Deberían ser las mismas o diferentes para cada especie? y, si diferentes, ¿de qué manera?*

Las limitaciones para la regeneración natural de *P. quinata* implican que la gestión debe centrarse en aumentar el número de árboles de *P. quinata* en las fincas mediante la plantación. Éste es un método fácil y exitoso para el establecimiento esta especie (ver detalles de la especie en la página 2 del

ejercicio para el estudiante). Requiere la recolección de semilla de *P. quinata* y el cultivo de plántulas en viveros. El peligro de endogamia en la semilla recolectada de árboles aislados significa que en las recolecciones se deberían evitar dichos árboles. Sin embargo, la facilidad de acceso dicta a menudo los árboles de los que se recolecta. Aceptando la probabilidad de recoger algunas semillas endógamas, debe hacerse una selección rigurosa de las plántulas de vivero para evitar el uso de cualquier material débil, o de crecimiento lento, ya que es más probable que sea endógamo. Es importante también que las recolecciones se hagan de un número mínimo de árboles (es decir, >20) para poder mantener una suficiente diversidad genética en los árboles plantados.

Para *S. humilis*, no parece necesaria acción alguna. Solo hay la necesidad de hacer un seguimiento para garantizar que continúa la saludable situación actual de la especie en términos de número de árboles y regeneración. La inclusión en CITES no impide el uso local y es necesario asegurar que esto queda bien claro, para que cualquier medida de protección adicional no actúe como un desincentivo para los agricultores que mantienen y fomentan activamente la regeneración en sus tierras.

■ *¿Como implementará el Plan de Acción? ¿Quién hará qué y dónde? ¿Cómo lo va a financiar?*

Los esfuerzos para mantener la diversidad genética y la capacidad de adaptación son irrelevantes si la gestión actual altera drásticamente la persistencia de una especie objetivo. Se necesitan acciones multidisciplinarias para integrar la conservación y el desarrollo y, más específicamente, asegurar que ambas especies pueden ser utilizadas y conservadas sosteniblemente en dichos sistemas. Teniendo en cuenta lo limitado de los recursos, es más probable que los esfuerzos de conservación sean más eficaces si se vinculan a iniciativas de desarrollo rural ya existentes con las comunidades locales. Esto podría lograrse principalmente reorientando los recursos existentes hacia acciones que favorezcan el restablecimiento de las especies objetivo. Por lo tanto, las acciones específicas señaladas anteriormente podrían ser incorporadas en programas de desarrollo existentes.

Cualquier plan de acción debe tratar de promover los beneficios complementarios de tales agroecosistemas. Existe la necesidad de concienciar a los profesionales y las organizaciones de desarrollo rural del valor de las especies nativas y de su regeneración natural como recursos tanto de conservación como socio-económicos. La insistencia por parte de las agencias de desarrollo en la plantación y el uso de un conjunto limitado de especies, a menudo exóticas, podría reducir los beneficios potenciales genéticos y de conservación de tales sistemas. Sin embargo, para quienes están más acostumbrados a los métodos *in situ* de entre los responsables de elaborar planes de conservación, existe también la necesidad de considerar que las poblaciones de árboles que se encuentran fuera de las áreas protegidas juegan un papel en la conservación de la biodiversidad. Esto, a su vez, requiere la participación directa de las organizaciones de desarrollo en la conservación de la biodiversidad y una interacción eficaz con las organizaciones de conservación tradicionales para asegurar beneficios tanto para la conservación como para el desarrollo.

Cualquier acción tendrá que realizarse a escala local, para poder influir en lo que los agricultores hacen en sus tierras. Esto requiere acciones a una cierta escala. Es decir, que tendrán poco impacto si sólo uno o dos agricultores implementan estas acciones, debido a lo reducido del área que posee cada agricultor. Por ejemplo, es probable que el mantenimiento de árboles maderables nativos en áreas extensas de cafetales pueda tener efectos genéticos beneficiosos para el flujo genético, las cifras de población, y la conservación de determinadas poblaciones. En contraste, el mismo sistema

para un área pequeña podría dar lugar a una base genética reducida en la producción de semillas debido a cruces emparentados o biparentales. Por tanto, la unidad de área o de gestión debe ser considerada en función del número de hogares que participan o el número de unidades de terreno en los que se practican usos del suelo beneficiosos para la conservación de la especie meta. Dada la rapidez con la que podrían cambiar las prácticas de manejo del suelo en respuesta a los precios del mercado, esta medida por sí sola podría requerir un cierto control.

Preguntas adicionales

Si se dispone de tiempo o Ud desea asignar a sus estudiantes tareas adicionales, a modo de pregunta o ejercicio complementario, puede preguntar a los estudiantes si “¿Hay enseñanzas que se podrían aplicar a otras especies y ecosistemas en su país?” Esta es una pregunta abierta. Los estudiantes podrían ser capaces de relacionar esto con: a) otras especies que están estrechamente relacionadas taxonómicamente (p. ej. Meliaceae o Bombacaceae), o que comparten características ecológicas o reproductivas similares (p. ej. vectores similares de polinización o de dispersión de semillas - murciélago especialista vs. generalista), b) el contexto de los árboles en los agroecosistemas deforestados de su propio país.

- a) Los estudios hasta la fecha sugieren que para muchas especies, poblaciones e individuos de árboles, el flujo genético puede ser alto en paisajes de agroecosistemas con una escasa cubierta forestal aparente. La opinión de que la fragmentación de los bosques produce aislamiento genético puede ser más una percepción humana que un fiel reflejo del flujo genético real. La necesidad de acción inmediata requiere en muchos casos emplear planteamientos pragmáticos basados en las mejores conjeturas para identificar las especies que se verán o no favorecidas por el flujo genético entre agroecosistemas. La capacidad de hacer recomendaciones de carácter más general dependerá de información biológica básica (p. ej. los mecanismos de incompatibilidad y polinización, la dispersión, y el regenerado) que permita clasificar las especies en categorías de manejo (que combinen el gremio ecológico, la distribución espacial y la biología reproductiva). La información disponible sugiere que es poco probable que los siguientes tipos de especies muestren beneficios de conservación genética procedentes de los agroecosistemas: i) especies alógamas que sean autocompatibles, ii) especies de crecimiento lento que se reproducen sólo cuando alcanzan un gran tamaño (el caso extremo son especies monocárpicas, es decir, las que sólo florecen una vez en su ciclo vital), iii) especies que manifiestan una pobre regeneración bajo perturbación antropogénica, iv) especies con polinizadores altamente especializados o dispersores de la semilla sensibles a perturbaciones; v) especies raras con densidades de población bajas.
- b) La enseñanza más general es que los árboles que se encuentran en una amplia gama de agroecosistemas pueden desempeñar un papel importante y variado en la viabilidad genética a largo plazo de algunas especies arbóreas nativas ya que pueden: i) facilitar el flujo genético entre las reservas existentes; ii) conservar genotipos particulares que no se encuentran en las reservas, iii) mantener poblaciones viables mínimas, iv) actuar como intermediarios y hospedantes alternativos para los polinizadores y dispersores de semillas. Es importante reconocer el papel complementario que juega en la actualidad el mantenimiento de árboles en fincas en la conservación *in situ*. El subestimar la capacidad de muchas especies de perdurar en cifras elevadas en estos agroecosistemas bajo las prácticas de manejo actuales podría llevar a una mala asignación de los limitados recursos para la conservación hacia especies no amenazadas. El hecho de que algunas especies arbóreas

que viven en dicha vegetación perturbada se puedan conservar mediante las prácticas existentes, puede liberar recursos para la conservación de especies críticamente amenazadas que requieran planteamientos más convencionales y gran cantidad de recursos.

Sin embargo, los beneficios y las posibilidades de dicha conservación *circa situm* pueden verse limitados a ciertos tipos de especies y ecosistemas. En áreas con una cubierta forestal elevada, el valor de los sistemas agroforestales está principalmente en el flujo genético, mientras que en áreas altamente deforestadas se puede obtener un conjunto de beneficios más amplio de cada sistema en particular. Así, en la zona de bosque seco altamente deforestada de Honduras, es probable que los sistemas tradicionales de barbecho, en los que los agricultores manejan arbustos, árboles frutales y árboles maderables que se regeneran de manera natural entre sus cultivos, ofrezcan una variedad de beneficios para la conservación genética de un elenco de especies de árboles nativos. Otros sistemas complejos, como el café bajo sombra tradicional o el caucho del bosque natural, pueden mostrar altos valores para la totalidad de los posibles beneficios de conservación genética. Por el contrario, los agroecosistemas más simples, tales como árboles en pasturas y las cercas vivas, ofrecen menos beneficios de conservación genética y es improbable que hagan de intermediarios efectivos en el flujo de polen de aquellas especies que no dispongan de un mecanismo de autoincompatibilidad. En la mayoría de casos, la evaluación de los beneficios de conservación genética de los agroecosistemas debería tener en cuenta el contexto de los sistemas agrícolas de una zona, la densidad de los árboles, y su origen (regeneración natural o plantación).

No deberíamos sobrestimar el grado en que los agroecosistemas pueden beneficiar la conservación genética de las especies arbóreas forestales. Además de algunas de las complicaciones planteadas en este ejercicio, es evidente que muchas especies de árboles que se encuentran en dichas zonas ya existen en cifras adecuadas en las reservas existentes. Del mismo modo, algunas de las especies amenazadas debido a sus bajas cifras de población no son del tipo que perdura fácilmente en tales sistemas. El rol potencial principal será en zonas altamente deforestadas donde las reservas son muy pequeñas o inexistentes y donde los árboles que se mantienen en los agroecosistemas representan una parte importante del acervo genético de una población o especie en particular.

Más información

Boshier DH, Gordon JE, Barrance AJ. 2004. 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. Forest genetic resources conservation and management. Vol. 2: In managed natural forests and protected areas (*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. Forest genetic resources conservation and management. Vol. 3: In plantations and genebanks (*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 e IPGRI, Roma.

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