

MÓDULO 2

Árboles fuera del bosque

Estudio de Caso 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

Estudio de Caso 2.2

Opciones para la conservación de dos especies arbóreas fuera del bosque

David Boshier, Departamento de Ciencias Vegetales, Universidad de Oxford

La conservación se enfrenta a un problema en Centroamérica. El bosque estacionalmente seco es diverso y característico, contiene muchas especies socio-económicamente importantes que han sido utilizadas en gran parte de los trópicos (p. ej. *Calliandra calothyrsus*, *Gliricidia sepium*). Sin embargo, las áreas protegidas existentes abarcan una fracción muy pequeña del bosque original, y queda muy poco bosque seco intacto que conservar. El grado con el que las áreas protegidas *in situ* se consideran apropiadas para la conservación depende de una variedad de factores como el tamaño del bosque, el grado de fragmentación, y el contexto socioeconómico del lugar. Estos bosques secos remanentes tienen normalmente un tamaño pequeño (1 a 500 ha p. ej.), por debajo del que podría ser considerado como viable. Además, están muy dispersos, de modo que la idea de mantener una única reserva de gran tamaño es poco realista. Por tanto debe considerarse si es factible, biológica y socialmente, el gestionar redes de pequeños parches de bosque dentro del mosaico actual de uso del suelo. Las iniciativas de conservación para este bosque seco deben considerar planteamientos que se aparten del paradigma tradicional de conservación *in situ*, que trabaja con "áreas silvestres" protegidas, y centrarse en cambio en maneras de poder conservar una especie que es parte de un tipo de bosque ya muy perturbado.

Este estudio de caso le permite explorar el papel que pueden desempeñar los árboles fuera del bosque en la conservación de recursos genéticos arbóreos. El ejercicio considera la pregunta general '*¿Se pueden mantener recursos genéticos arbóreos valiosos fuera del bosque y, si es así, qué medidas hace falta tomar para asegurar que se mantienen?*'. El estudio de caso presenta información de investigación ecológica, genética, y socioeconómica realizada en los años 90 en el bosque seco de Costa Rica y Honduras. Se centra en dos especies maderables, *Pachira quinata*, Bombacaceae, y *Swietenia humilis*, Meliaceae, ambas importantes socioeconómicamente a escala local, con una ecología similar a primera vista y para las que hay preocupación por su conservación.

Utilice la información presentada aquí para elaborar un plan de acción que asegure la conservación y utilización efectivas de ambas especies fuera del bosque. En sus discusiones de grupo debe considerar lo siguiente:

- ¿Cuál es el sistema de apareamiento de cada especie? ¿Muestran autogamia estas especies? y si es así, ¿bajo qué circunstancias? ¿Cómo responden los vectores de dispersión del polen y la semilla a la fragmentación/aislamiento?
- ¿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?
- ¿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).

- ¿Haría falta información adicional que permitiera llegar a conclusiones más definitivas?

En su plan de acción usted debería incluir los siguientes puntos:

- Rasgos biológicos principales de la especie.
- Factores limitantes del mantenimiento de la especie en paisajes agrícolas fragmentados – diferencias entre ambas especies.
- 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/diferentes para cada especie? y, si diferentes, ¿de qué manera?
- ¿Como implementaría el Plan de Acción? **¿Quién** hará **qué** y **dónde**? **¿cómo** lo va a financiar?

Introducción

Las planicies del sur de Honduras están ocupadas principalmente por pasturas para ganado y agricultura de exportación (melón, sandía, caña de azúcar), y están caracterizadas por un clima subtropical con una estación seca marcada (octubre-mayo). Las faldas de las laderas muestran un mosaico cambiante de usos del suelo, con una predominancia de la producción de maíz y sorgo (milpas), en alternancia con barbechos y la cría de ganado no intensiva y, en áreas más húmedas, la producción no intensiva de café. La falta de un laboreo mecanizado y el control del movimiento del ganado permiten generalmente la regeneración natural de una variedad muy amplia de especies arbóreas a partir de las semillas del suelo, tocones, y nuevas semillas. En reflejo de la voluntad de aprovechar al máximo los recursos disponibles, muchos agricultores protegen activamente un subconjunto de entre las especies arbóreas que valoran para una serie de productos (ej. leña, madera). De esta manera algunos árboles alcanzan, y mantienen, la madurez reproductiva dentro de milpas o en pasturas. Otro subconjunto de especies se mantiene como rebrotes de tocones (hasta 17 000 por hectárea) simplemente porque el coste de eliminarlos no valdría la pena. Muchos de estos árboles alcanzan también su madurez reproductiva en los periodos de barbecho. Estas planicies contienen por tanto parches de bosque rodeados por una interfaz agrícola-forestal, que junto con su contexto socioeconómico las hace requerir investigación multidisciplinar.

Especies del estudio de caso

Pachira quinata (sin: *Bombacopsis quinata*) es un árbol caducifolio de tamaño medio a grande presente en Centroamérica, Colombia y Venezuela. Es hermafrodita, mayormente autoincompatible y principalmente polinizado por un murciélago (*Glossophaga soricina*). Sus semillas aparecen envueltas en una pelusa o kapok (fibra algodonosa mullida), que facilita su dispersión eólica. Su madera tiene gran demanda y ha motivado la inversión en grandes plantaciones, así como su plantación por pequeños agricultores en Centroamérica. El árbol crece bien en plantaciones si se establece en terrenos abiertos a partir de material de vivero procedente de semilla. También puede ser propagada por estacones y es utilizada para cercas vivas en diferentes lugares de su distribución actual. La tala selectiva, la deforestación, y las prácticas agrícolas destructivas han limitado mayormente a esta especie común en un pasado cercano a remanentes de bosque aislados, con algunas poblaciones consideradas en peligro.

Swietenia humilis es un árbol monoico, caducifolio y de tamaño medio presente

a lo largo de la vertiente del Pacífico en Centroamérica y México. Es polinizado por pequeñas mariposas, abejas y otros insectos, y sus frutos contienen semillas grandes que se dispersan con el viento. Bajo polinización controlada es una especie autoincompatible. Su madera de aserrío es muy apreciada, pero la reforestación comercial dentro de su rango nativo se ve dificultada por la incidencia del ataque del barrenado de los brotes *Hypsipyla grandella*. Allí donde las poblaciones de *S. humilis* y *S. macrophylla* son simpátricas, se han documentado hibridaciones, y se ha cuestionado su diferenciación como especies distintas. Las poblaciones de gran parte del rango de distribución de la especie se han visto reducidas y fragmentadas, provocando su inclusión en 1973 en el Apéndice 2 de CITES y su clasificación como "vulnerable" por la UICN.

Patrones de distribución a nivel de especie

Se realizaron dos encuestas botánicas rápidas (EBR; una técnica de muestreo sin parcela) para determinar la composición de especies de árboles y arbustos en agroecosistemas del sur de Honduras. Una primera encuesta a nivel de comunidad consistió en inventarios de especies en cuatro comunidades rurales que reflejan una variación regional en el gradiente socioeconómico y ambiental. Dentro de cada comunidad se seleccionaron 20 hogares pertenecientes a un gradiente socioeconómico y un subconjunto aleatorio de unidades de tierra seleccionadas para el inventario dentro de las cultivadas por estas familias. Las categorías de unidades de tierra reflejaban las definiciones dadas por cada cabeza de familia. En cada unidad de tierra se anotaron las especies como presentes o ausentes, considerándose una especie como presente si podía ser identificada como un individuo leñoso, de modo que los tocones vivos estuvieran incluidos. Una segunda encuesta, a nivel de bosque, hizo inventario de la diversidad arbórea en un subconjunto de parches forestales en el sur de Honduras. Los bosques fueron seleccionados no aleatoriamente para maximizar la cobertura geográfica y estaban sesgados hacia las pocas áreas remanentes de bosque relativamente grandes (>50 ha). Todos los bosques estaban en su mayoría, si no en su totalidad, compuestos de regeneración secundaria de edades diferentes. Aparentemente el bosque seco primario ya no existe en el sur de Honduras, aunque es probable que algunos árboles muy viejos sean remanentes de bosques mucho más antiguos. La cubierta forestal remanente está compuesta de rodales de tan solo 2 ha de extensión y raramente mayores de 20 ha, lo que los convierte en áreas consideradas normalmente demasiado pequeñas para tener algún valor de conservación.

Las especies difieren en cuanto a donde están presentes. *S. humilis*, una de las especies más habituales (sólo se encontraron más a menudo 7 de entre más de 250 especies leñosas), estaba presente con igual frecuencia en tierras agrícolas que en bosques (Cuadro 1). En contraste, se encontró menos a menudo a *P. quinata* que a *S. humilis*, pero mucho más a menudo en bosques que en terrenos agrícolas. En comparación con patios y huertos caseros, donde a menudo se plantan árboles, se encontraron ambas especies más frecuentemente en barbechos, tierras de labor y pasturas (Cuadro 1), siendo todos estos sistemas en los que típicamente se observa regeneración natural. Ambas especies mostraron también una variación considerable en su presencia entre las cuatro comunidades (Cuadro 1), probablemente debido a una combinación de factores biológicos y humanos.

Su presencia en dos de los bosques más grandes del sur de Honduras sugiere que ambas especies muestran niveles similares de presencia en bosque maduro. *P. quinata* es común en el bosque relativamente no perturbado del Cerro Guanacaure, al igual que *S. humilis*. En el Cerro Las Tablas, uno de los bosques secundarios más maduros de la zona, se encuentran muchos árboles

maduros de *P. quinata* y *S. humilis* (en densidades de hasta 17.0 y 9.6 árboles/ha, respectivamente). En Costa Rica, ambas especies se encuentran en niveles similares en áreas no perturbadas de bosque seco protegido (p. ej. en Lomas Barbudal, o en bosque maduro de Playa Nancite; Cuadro 2). Por tanto, existen motivos para creer que la presencia relativamente baja en el sur de Honduras de *P. quinata* en fincas se debe en parte a prácticas de manejo desfavorables (ver más abajo) en vez de una tendencia natural hacia bajas densidades.

La presencia habitual en fincas de *S. humilis* no puede ser explicada simplemente por las preferencias de los agricultores (ver sección "Patrones de Manejo de *P. quinata* y *S. humilis* en el Sur de Honduras"), dado que la regeneración natural debe suceder antes de que los agricultores colaboren al reclutamiento. *S. humilis*, al igual que su pariente cercana *S. macrophylla*, prospera sin duda bajo fuertes perturbaciones como las proporcionadas por la agricultura tradicional del sur de Honduras. Una vez establecida, puede sobrevivir por décadas en los bosques cerrados que forman a veces al abandonar los barbechos. La germinación de *S. macrophylla* en Guanacaste no se vio afectada por diferencias en los niveles de luz y se pudo establecer igualmente bien en pasturas y en bosque secundario joven. Un estudio de plántulas en pasturas y en bosque secundario y maduro, mostró cero supervivencia de *P. quinata* a los tres años de edad en Costa Rica y en Honduras, comparado con un 15-60% para *S. humilis*. Esto se ha confirmado en Playa Nancite (Parque Nacional de Santa Rosa), donde la regeneración de *S. humilis* es abundante en áreas adyacentes de pasturas degradadas abandonadas mientras que la de *P. quinata* es inexistente (Cuadro 2). En contraste con otras predicciones y varios estudios, la producción de semilla de *S. humilis* fue también más fiable y más profusa en ambientes perturbados que en bosque cerrado, mientras que la de *P. quinata* no mostró diferencias en cuanto al tipo de bosque, excepto en Playa Nancite, donde fue baja en los cuatro periodos de fructificación observados (Cuadro 3). Durante este periodo, el 13% de los árboles de *P. quinata* en Playa Nancite murieron aparentemente por la edad, plantas trepadoras o el viento. Dada la falta absoluta de regenerado, el futuro de *P. quinata* en este lugar, y a pesar de estar dentro de un área protegida, parece poco seguro. De hecho, los incendios y la tala de árboles observados durante cuatro años (Cuadro 2) confirman que ambas especies se encuentran amenazadas, incluso dentro de áreas "protegidas".

Cuadro 1. Presencia de *P. quinata* y *S. humilis* según el uso del suelo y en diferentes comunidades del sur de Honduras

Uso del suelo	Número total de muestras	Porcentaje que incluye <i>P. quinata</i>	Porcentaje que incluye <i>S. humilis</i>
Bosques	48	27	52
Fincas	105	11	56
Barbecho, tierra de labot y pastura	58	16	67
Patios y Huertos Caseros	47	4	36
Comunidad/Departamento			
San Juan Arriba, Choluteca	25	12	4
Agua Zarca, Valle	38	5	74
San Jose de las Conchas, Choluteca	24	17	46
Los Coyotes, Choluteca	25	16	64

Cuadro 2. Mortalidad de árboles >10 cm DAP en un periodo de cuatro años, debido a causas naturales o antropogénicas, en varios lugares en Costa Rica y Honduras

Especie	Sitio	País	Tipo de sitio	Superficie estudiada (ha)	No. de árboles	DAP promedio ³ en cm (DT)	Porcentaje de árboles talados/ muertos
<i>P. quinata</i>	Reserva Biológica de Lomas Barbudal	Costa Rica	área protegida	25	61	69.2 (25.5)	0/6.6 ²
	Playa Nancite, Parque Nacional Santa Rosa	Costa Rica	área protegida/ madura	28	62	71.6 (42.8)	0/12.9
	Playa Nancite, Parque Nacional Santa Rosa	Costa Rica	área protegida/ regeneración	3	0		
	Punta Ratón, Choluteca	Honduras	bosque/finca privados	240	172	54.2 (20.9)	8,1/5.8 ²
<i>S. humilis</i>	Reserva Biológica de Lomas Barbudal ¹	Costa Rica	área protegida	25	57	47.4 (17.0)	0/14.0 ²
	Playa Nancite, Parque Nacional Santa Rosa	Costa Rica	área protegida/ madura	28	156	46.7 (16.0)	0/5.8
	Playa Nancite, Parque Nacional Santa Rosa	Costa Rica	área protegida/ regeneración	3	23	20.3 (3.7)	0/0
	Cerro Las Tablas, Choluteca	Honduras	bosque/finca privados	68	105	41.9 (14.0)	25,7/1.9
	Punta Ratón, Choluteca	Honduras	bosque/finca privados	240	75	37.9 (14.1)	5,3/5.3

¹ posiblemente *S. macrophylla* o *S. macrophylla* x *S. humilis*; ² muertos en incendio de 1994;

³DAP = Diámetro a la Altura del Pecho

Cuadro 3. Porcentaje de árboles por año con una producción de semilla moderada a profusa en varios sitios

Especie	Sitio ^a	Tamaño de la muestra ^b	1994 %	1995 %	1996 %	1997 %	1998 %
<i>P. quinata</i>	Lomas Barbudal	>45	70,6	66,7		68,9	
	Playa Nancite	>30	61,5	56,4	55,2	31,5	
	Punta Ratón	>105	76,4	61,9	73,3	90,1	
<i>S. humilis</i>	Lomas Barbudal	>46		12,1	0,0	16,3	20,8
	Playa Nancite	>143		32,9	11,0	18,4	17,2
	Cerro Las Tablas	>61		48,7	12,6	29,5	44,6
	Punta Ratón	>45	28,0	36,1	42,2	49,1	33,3
	Comayagua	30	66,7		60,0	83,3	76,7

Nota: Una producción de semilla moderada a profusa es: *P. quinata* > 20 cápsulas con semillas; *S. humilis* > 10 cápsulas con semillas.

^a Sitios en orden creciente en cuanto a su grado de perturbación: Lomas Barbudal, área relativamente no perturbada dentro de una reserva; Playa Nancite, área bajo perturbación dentro de un Parque Nacional; Cerro Las Tablas, bosque con árboles remanentes y regeneración secundaria; Punta Ratón, árboles remanentes y regeneración secundaria en pequeños fragmentos y pasturas; Comayagua, árboles plantados a la orilla de la carretera

^b El tamaño de la muestra varía de año a año debido a la mortalidad

El estudio concluye que es probable que las especies no aparezcan aleatoriamente en los diferentes tipos de uso del suelo de un agroecosistema y que estos patrones de distribución deben entenderse para poder evaluar las opciones de conservación *circa situm* y desarrollar e implementar estrategias. El hecho de que el 76% de las especies identificadas en las encuestas se encontraran en agroecosistemas (es decir, no solamente en el bosque) resalta el potencial de los árboles en fincas a la hora de contribuir a la conservación. Asumiendo que una mayor presencia implica un mayor potencial de conservación, el potencial de cada sitio como foco de conservación *circa situm* exitoso será diferente. Por ejemplo, simplemente a partir de los datos de distribución, la comunidad de Agua Zarca posee un elevado potencial de conservación de *S. humilis* y muy poco para *P. quinata* (Cuadro 1). *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*, por contra, parece menos adaptada y por ello más susceptible a pérdidas en la cubierta forestal. Sin embargo, incluso para las especies que parecen ser predominantemente "especies de bosque", los relativamente escasos individuos de las fincas podrían facilitar el flujo genético entre bosques y mantener los tamaños de población entre paisajes diferentes. Evidentemente, las estrategias de conservación para ambas especies deben ser distintas.

Patrones de manejo de *P. quinata* y *S. humilis* en el sur de Honduras

Un estudio realizado en las mismas comunidades donde se hicieron los inventarios de especies muestra que, además de las diferencias en biología reproductiva, ecología, y distribución local, *P. quinata* y *S. humilis* son manejadas de modo diferente por los locales. En general, dentro de estas comunidades, los locales mencionaron que muchas de las especies arbóreas protegidas activamente se utilizan también para aserrío, aunque se observó un fuerte contraste entre la frecuencia de protección activa para *S. humilis* y la de *P. quinata* (Cuadro 4).

Un grupo focal reunido en Los Coyotes clasificó las especies en cuanto a su uso actual y pretérito, lo cual reveló diferencias considerables en la manera en que se han venido considerando ambas especies socioeconómicamente. *P. quinata* era casi la única especie utilizada para aserrío "en los tiempos de mis abuelos". Sin embargo, su explotación para abastecer las ebanisterías de la ciudad de El Triunfo llevaron a una enorme reducción del número de pies de la especie en el área. Los productores utilizan ahora un amplio rango de especies poco utilizadas hasta la fecha, incluyendo *S. humilis*, muchas de las cuales (p. ej. *Guazuma ulmifolia*) ofrecen una madera mucho más inferior. Los agricultores mencionaron también prácticas de manejo utilizadas antaño durante la roturación y limpieza de tierras, en las que muchos árboles valiosos para aserrío se talaban y quemaban allí mismo o se utilizaban para leña. Por contra, en la práctica actual, los árboles valiosos se protegen y solo se usan para leña los recortes de aserrío.

Aparentemente y debido a una escasez de recursos forestales a raíz de altas densidades de población humana, muchos productores favorecen ciertas especies durante la roturación, protegiendo y manejando los árboles valiosos dentro de sus fincas para satisfacer sus necesidades de subsistencia y como un cultivo económico de regeneración natural. Además, los tocones y las semillas sobreviven independientemente de la tala, ya que la remoción de tocones es difícil y el laboreo mecánico raramente se practica debido a las limitaciones topográficas. Los agricultores son también adeptos a controlar el pastoreo, lo cual es un prerrequisito para un cultivo exitoso del maíz, de manera que el ganado no impide necesariamente la regeneración de los árboles y de hecho

podría facilitarla (p. ej. estimulando la germinación de algunas especies). A pesar de su pequeño tamaño, los parches de barbecho y bosque existentes dentro del mosaico del paisaje agrícola son una fuente de material reproductivo para muchas de las especies encontradas en estas fincas.

Cuadro 4. Especies arbóreas principales mencionadas por agricultores como utilizadas por su madera o protegidas activamente dentro de áreas agrícolas como fuentes de madera o postes en cuatro comunidades del sur de Honduras

Especies utilizadas	% de entrevistados ^a	Especies protegidas	% de entrevistados ^a
<i>Cordia alliodora</i>	84,8	<i>Cordia alliodora</i>	38,0
<i>Pachira quinata</i>	20,3	<i>Swietenia humilis</i>	22,8
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	19,0	<i>Lysiloma</i> spp.	20,3
<i>Albizia saman</i>	16,5	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	10,1
<i>Lysiloma</i> spp.	16,5	<i>Albizia saman</i>	10,1
<i>Swietenia humilis</i>	16,5	Otras 42 especies arbóreas, como <i>Pachira quinata</i>	1,3 - 6,3 cada especie
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	15,2		
<i>Cedrela odorata</i>	15,2		
<i>Conocarpus/Rhizophora</i> spp. (manglar)	15,2		
<i>Simarouba glauca</i>	11,4		

Nota: Las cuatro comunidades fueron San Juan Arriba, Agua Zarca, San José de las Conchas y Los Coyotes

^a Cifras como porcentaje de 79 entrevistados

Hasta cierto punto, los beneficios de mantener árboles cuentan más que los efectos negativos sobre los cultivos (p. ej. sombra) que los productores creen que tienen los árboles. Dicho manejo representa una respuesta racional a una escasez de recursos en lugar de un deseo de conservar la diversidad biológica per se. La frecuencia relativamente baja de protección de *P. quinata* en fincas (Cuadros 1 y 4) no se debe aparentemente a que sea menos apreciada que *S. humilis* o a diferencias en las percepciones de los productores sobre las interacciones árbol/cultivo (los productores no reportaron interacciones negativas importantes entre cualquiera de las especies y los cultivos). Una explicación más probable es por tanto la escasez relativa y distribución en parches de la regeneración natural de *P. quinata*, particularmente en fincas. Los agricultores protegen a *P. quinata* pero se la encuentra menos a menudo que a *S. humilis*. La escasez actual de *P. quinata* parece radicar por una parte en sus características ecológicas y por otra a su pasada sobreexplotación, antes de que los productores se auto impusieran controles en el manejo de árboles como respuesta a la escasez. *S. humilis* es diferente en el sentido en que parece haber sido menos apreciada que *P. quinata* y como resultado ha eludido mayormente la sobreexplotación. *S. humilis* se beneficia ahora de la práctica actual de protección activa de las especies remanentes que son apreciadas, a la vez que de su facilidad de regeneración. Sin embargo, a pesar de la clara preferencia de los productores por ambas especies y su fomento por los servicios de extensión, ninguna de ellas se planta habitualmente. Esto refleja probablemente el costo de

plantar árboles, en comparación con la regeneración natural "gratuita" y quizá los mayores riesgos que tienen los árboles plantados debido a la introducción periódica del ganado en las milpas para que coman los residuos de cultivos.

Tanto *P. quinata* como *S. humilis* están presentes también en parches de bosque y pasturas dentro de haciendas y ranchos más grandes (p. ej. alrededores del Cerro Las Tablas), aunque los sistemas de manejo y condiciones socioeconómica son muy diferentes a las de las comunidades de pequeños productores. Parece que tanto en las pasturas y en los parches de bosque de estas haciendas existe una desaparición paulatina debido a una tala selectiva (Cuadro 2), posiblemente debido a que los propietarios no padecen la misma escasez de recursos en general que motiva a los pequeños productores a cuidar de la regeneración natural. En contraste con los sistemas de producción de subsistencia de terrenos en pendiente, estas haciendas más grandes ofrecen en las pasturas condiciones menos favorables para la regeneración de árboles, donde los tocones se eliminan al limpiar el terreno y se queman periódicamente para fomentar el pasto.

Diversidad genética y su mantenimiento

Se estudiaron la biología reproductiva, la diversidad genética y el flujo genético dentro del rango natural de ambas especies en el sur de Honduras y el noroeste de Costa Rica (Fig. 1). Se incluyeron remanentes de bosque seco secundario, limitado sobre todo a las laderas, así como árboles remanentes en pasturas, además de parcelas de control en bosque con una cubierta del dosel más continua. Los fragmentos variaron en tamaño (1 a 150 árboles) y aislamiento espacial (1,0 a 4,5 km). Para ambas especies, la medición directa de los patrones de apareamiento (por medio de marcadores moleculares microsatélites) reveló niveles más altos de flujo de polen entre fragmentos para distancias largas. Algo común tanto para bosque como para los fragmentos fue una predominancia para ambas especies de apareamiento entre vecinos cercanos (<300 m entre árboles). La procedencia de una gran proporción de donantes de polen fue, sin embargo, de fuera de cada fragmento, sugiriendo una amplia red de intercambio de genes a esta escala espacial (16 km²). Por tanto, en dos fragmentos de *S. humilis* (22 y 44 árboles), un 62% y un 52% respectivamente de los donantes de polen procedían del interior del fragmento, mientras que un 24% y un 34% procedían de distancias superiores a 1,5 km y 3,6 km respectivamente (Figura 2, Cuadro 5). Así, y para el grado de aislamiento estudiado, la fragmentación no impuso una barrera genética.

No se encontraron pruebas de un aumento en la endogamia en los fragmentos, y ambas especies continuaron mostrando altos niveles de alo cruzamiento incluso en fragmentos pequeños. En contraste, los patrones de alo cruzamiento de árboles aislados en pasturas variaron entre especies. Un árbol de *S. humilis* aislado a una distancia de 1,4 km de los árboles en floración más cercanos, mostró un 100% de fuentes de polen externas de las que más del 70% eran procedentes de árboles del área principal del bosque a más de 4,5 km de distancia (Árbol 501; Fig. 2; Cuadro 5). Esto muestra que hay un fuerte mecanismo de autoincompatibilidad en *S. humilis* y contradice las predicciones de que los árboles aislados espacialmente tienen más probabilidades de no poder aparearse aleatoriamente y recibir polen de tan solo unos pocos donantes.

Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio en Centroamérica



Cuadro 5. Flujo de polen en *S. humilis* hacia el interior de fragmentos y un árbol aislado en Choluteca, Honduras. Para cada fragmento se indica el tamaño de la muestra, la distancia de separación del fragmento más cercano, el porcentaje promedio de flujo de polen externo y las distancias mínimas más grandes de flujo de polen.

Fragmento	Tamaño de la muestra	Distancia al fragmento siguiente (km)	Porcentaje promedio de flujo de polen "al fragmento"	Promedio distancia mayor de flujo de polen mínimo (km)
Las Tablas*	97	-	36,0	-*
Butus/Jicarito	44	1,1	47,0	3,1
Jiote	22	1,1	38,3	1,7
Llanuras Tablas	7	1,2	68,4	1,6
Árbol 501**	1	1,4	100,0	>4,5

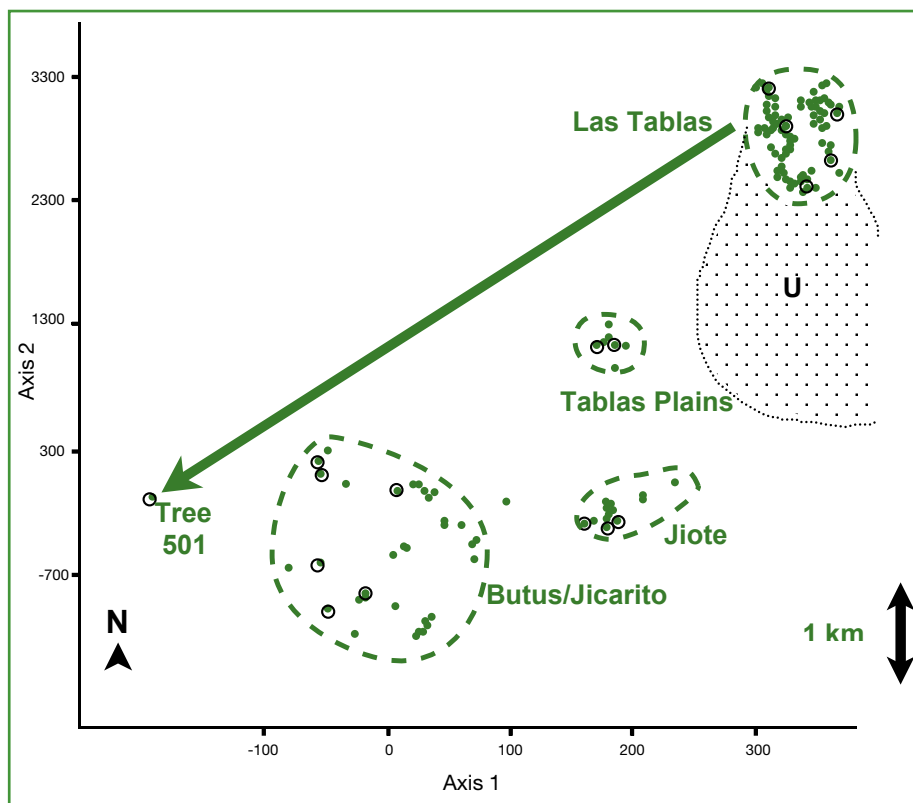
* 'Las Tablas' es un área de bosque continuo adyacente a árboles no muestreados

** 'Árbol 501' es un árbol aislado

Frente a esto, los árboles aislados de *P. quinata* en pasturas mostraron un ligero incremento en autogamia para la totalidad de la población, aunque esto varió entre sitios, árboles y grado de aislamiento (Cuadro 6). Un examen de las tasas de alo cruzamiento de árboles individuales mostró que la autogamia no aumenta directamente con el aislamiento, y los árboles más aislados no mostraron siempre autogamia (Figura 3). Estudios de microscopía de polinizaciones controladas has mostrado que el sistema de autoincompatibilidad de *P. quinata* es 'no hermético', lo que significa menos germinación del polen propio en los estigmas y una tasa de crecimiento más lenta a lo largo del estilo hasta alcanzar los ovarios florales (Cuadro

7). La polinización controlada mostró también una capacidad de autogamia variable entre árboles, con un 50% incapaz de autofecundarse, mientras que un 12.5% mostró una elevada producción de semillas de autofecundación. Por tanto existe una capacidad variable de autogamia entre árboles cuando la disponibilidad de polen cruzado compatible es reducida, como es el caso del aislamiento espacial. Un aumento en los niveles de endogamia debidos al sistema de autoincompatibilidad no hermético podrían causar una reducción en la aptitud reproductiva de la semilla recolectada de árboles aislados de *P. quinata* en pasturas u otros agroecosistemas.

Figura 2. Posiciones relativas de árboles de *S. humilis* (representados por un punto) muestreados en Choluteca, Honduras. Cada fragmento está rodeado por una línea discontinua y se le ha dado un nombre. La localización de los árboles no muestreados (U) adyacentes al sitio de Las Tablas corresponde al área de puntos. Se han rodeado con un círculo 17 árboles seleccionados para análisis de progenie. Se determinó el genotipo de todos los árboles y progenies para cuatro loci microsateelitales. Un análisis de exclusión de paternidad identificó subgrupos de padres para cada progenie, la verosimilitud fraccional de paternidad, y la distancia desde el árbol.



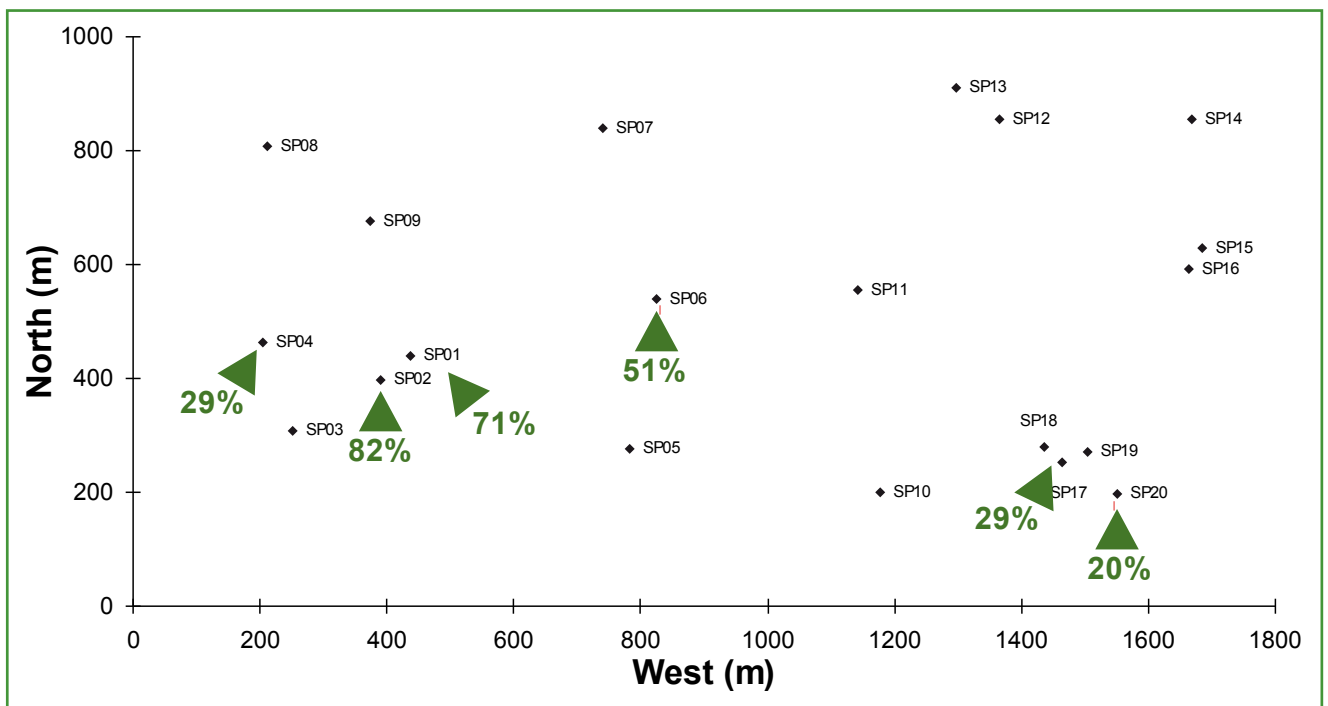
Cuadro 6. Tasas de alo cruzamiento y distancia de dispersión para árboles de *P. quinata* en el bosque y pasturas bajo diferentes grados de aislamiento espacial. Errores estándar entre paréntesis

Sitio	Distancia aislamiento del árbol	Tasa de alo cruzamiento (SE)	Correlación de tm (SE)	No de padres	Media distancia de dispersión
Bosques	10-100m	0.926 (0.005)	0.117 (0.045)	3,7-4,6	48m
Bosques	10-100m	0.915 (0.043)		1,8-2,6	
Pastura	60-300m	0.828 (0.015)	0.636 (0.148)	3,1-4,1	158m
Pastura	>500m	0.777 (0.114)		1,2-1,6	

Cuadro 7. Porcentaje de tubos polínicos que alcanzaron el ovario en relación al tiempo transcurrido tras la polinización, mostrando diferencias en la tasa de crecimiento del tubo polínico en polinizaciones controladas de *P. quinata*.

Tiempo transcurrido tras la polinización	Auto	Cruzada
48 horas	15%	56%
72 horas	64%	90%
120 horas	89%	90%

Figura 3. Posiciones relativas de árboles de *P. quinata* muestreados en pasturas en Guanacaste, Costa Rica. Las flechas indican árboles que mostraron una elevada tasa de autogamia (% de autogamia se indica junto a la flecha).



La mejora en los niveles de flujo genético a larga distancia hacia fragmentos más pequeños vista en ambas especies restaurará o mantendrá potencialmente la variación genética en las poblaciones de estas especies dentro del ambiente modificado. El aumento de la distancia de dispersión a partir de un gran número de sitios debería mantener la variación genética en paisajes fragmentados, aunque esto dependerá de las características del mosaico de uso del suelo y de hasta qué punto cada uso facilite o impida el flujo de genes. Esto contrasta con las creencias tradicionales sobre los efectos genéticos de la fragmentación en los que se piensa que los aumentos en el aislamiento espacial y las reducciones en el tamaño de la población reducen el flujo genético entre fragmentos. Aunque los efectos genéticos de la fragmentación son complejos, para algunas especies arbóreas fragmentadas, la polinización puede suceder incluso a distancias mucho mayores de lo que previamente se había considerado. Habrá sin embargo distancias paisajes para los que ocurra el aislamiento genético, con sus problemas asociados de viabilidad de la población y adaptación. Los umbrales variarán entre especies dependiendo de las características y la presencia del polinizador, la especificidad de la relación árbol-polinizador, y

la presencia y potencia de cualquier mecanismo de autoincompatibilidad. Es probable que las especies autocompatibles que normalmente muestran cierto nivel de alo cruzamiento muestren un aumento en los niveles de endogamia a distancias de separación mucho más cortas (umbrales más bajos) que para las especies autoincompatibles.

Fuentes de información

Este estudio está basado en los siguientes documentos y otros trabajos no publicados de Boshier y colaboradores.

Fuchs EJ, Lobo JA, Quesada M. 2003. Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns in the tropical dry forest tree, *Pachira quinata* (Bombacaceae). *Conservation Biology* 17:149-157.

Rymer PR, Sandiford MA, Harris SA, Billingham MR, Boshier DH. en prensa. Remnant *Pachira quinata* pasture trees have greater opportunities to self and suffer reduced reproductive success due to inbreeding depression. *Heredity*.

White GM, Boshier DH. 2000. Fragmentation in Central American dry forests: genetic impacts on *Swietenia humilis* Meliaceae. En: Young AG, Clarke G, editores. *Genetics, demography and the viability of fragmented populations*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 293-312.

White GM, Boshier DH, Powell W. 2002. Increased pollen flow counteracts fragmentation in a tropical dry forest: an example from *Swietenia humilis* Zuccarini. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99:2038-2042.

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