

Conservación integral de especies arbóreas en jardines botánicos: **Un manual de referencia**



BGCI

Plants for the Planet

Conservación integral de especies arbóreas en jardines botánicos: Un manual de referencia

Compilado por:
Sara Oldfield y Adrian C. Newton

Traducido por: AEIOU Traductores

Noviembre de 2012

Referencia bibliográfica recomendada:

Oldfield, S. y Newton, A.C (2012),
Conservación integral de especies arbóreas
en jardines botánicos. Un manual de referencia.
Botanic Gardens Conservation International,
Richmond (Reino Unido).

ISBN-10: 1-905164-46-7
ISBN-13: 978-1-905164-46-2

Imagen de portada:

Barney Wilczak/Wilczak Photography.co.uk

Diseño:

Seascape. www.seasapedesign.co.uk

Publicado por:

Botanic Gardens Conservation International
Descanso House, 199 Kew Road, Richmond,
Surrey, TW9 3BW, United Kingdom
© BGCI 2012

Reconocimientos:

Muchas personas han aportado generosamente parte de su tiempo para ayudar en la preparación de este manual, por lo que merecen todo nuestro reconocimiento. Andrea Kramer nos ha ofrecido valiosos comentarios a nuestro primer borrador y nos ha ayudado a plantear la estructura y contenidos del manual, mejorando así sustancialmente el resultado final. Larry Strich ha revisado críticamente la versión final y ha aportado importantes mejoras al texto. Ildiko Whitton nos ha ayudado con las cuestiones de investigación a lo largo de toda la preparación de esta obra y ha elaborado los estudios de casos, como se apunta en el propio texto. Queremos igualmente agradecer a Bart C. O'Brien, Joachim Gratzfeld, Dan Luscombe, Megan Marrison, Matt Parratt, Lorraine Perrins, Simon Marshall y Mark Nicholson, su experta colaboración en los estudios de casos. Todos nuestros agradecimientos también a Patricio Arce, Corey Barnes, Lillian Chua, Allen Coombes, Tonya Lander, Philip Moors, Marcela Rodríguez Acosta y Xiangying Wen. Especial mención merecen las contribuciones del profesor Zeng Qingwen a la conservación de la *Magnolia* spp., siendo el responsable del estudio de caso 15 de la página 35. El profesor falleció en 2012 en el campo, mientras recolectaba especímenes de magnolias; será recordado por toda la comunidad botánica internacional por su erudición, entusiasmo y disposición a compartir la información. Por último, nos gustaría expresar nuestro agradecimiento a Natalia Tejedor por editar el texto en español.

Índice de contenidos

1. Introducción	04
2. ¿Por qué es importante conservar y restaurar las especies arbóreas?	05
2.1 Importancia de las especies arbóreas	05
2.2 La necesidad de pasar a la acción	05
2.3 Contexto de políticas conservacionistas	08
3. Planteamientos de conservación	10
3.1 Conservación <i>in situ</i>	10
3.2 Restauración y reintroducción ecológica	10
3.3 Conservación <i>ex situ</i>	12
3.4 Planteamientos integrales de conservación	14
4. Una guía paso a paso para la conservación integral de especies arbóreas	18
4.1 Paso 1: Identificación de las prioridades de actuación	18
4.2 Paso 2: Planificación e implementación de la conservación <i>ex situ</i>	21
4.3 Paso 3: Planificación e implementación del programa de reintroducción	30
4.4 Paso 4: Desarrollar e implementar una estrategia de conservación a largo plazo	38
5. Pasando a la acción	47
Referencias bibliográficas	48
Annexes	52
Anexo 1: Otros recursos	52
Anexo 2: Principios del Acceso y Participación en los Beneficios	54

Prólogo

Este manual se centra en la conservación de los árboles y está diseñado para guiar y fomentar medidas destinadas a salvar especies amenazadas de extinción. Los árboles no suelen recibir una especial atención en los esfuerzos de conservación, a pesar de su enorme importancia y de hallarse amenazados en todo el mundo. Hasta una de cada diez especies arbóreas está en peligro de extinción, amenazada o en una situación de alta vulnerabilidad.

Los árboles, ahí donde crecen, aseguran la estructura de los ecosistemas naturales y el hábitat para miríadas de otros seres vivos. Influyen en sus condiciones de desarrollo, en los ciclos biogeoquímicos, en las condiciones hídricas y de luminosidad y en una captura de carbono que resulta de vital importancia para las tendencias climáticas planetarias.

Los árboles también resultan muy valiosos para diversos usos humanos: obtención de madera, fibra, alimentos, combustible y medicinas. Por ello, suelen ser cultivados y, a menudo, sobreexplotados, amenazando de esta manera la propia fuente de todos estos productos. Las talas forestales con fines agrícolas o urbanísticos también amenazan a los árboles y a la biodiversidad forestal. Además, debido a sus longevos ciclos vitales y a sus, a menudo, limitadas capacidades de reproducción y propagación, los árboles resultan más vulnerables a los bruscos cambios climáticos.

Los profesionales relacionados con los arboretos y jardines botánicos tenemos que asumir el reto de colaborar activamente en la salvación de las especies arbóreas amenazadas, lo que supone hacer algo más allá de limitarnos a incluirlas en la colección de especies vegetales de nuestros jardines. Unas medidas efectivas de conservación de los árboles pueden exigir una refinada combinación de diferentes actuaciones *in situ* y *ex situ*, de restauración ecológica y reintroducción de especies, así como de iniciativas socioeconómicas y normativas que aseguren una verdadera protección.

En este libro, Sara Oldfield y Adrian Newton reúnen toda una serie de reflexiones muy pertinentes sobre la conservación de las especies vegetales, prestando especial atención a los árboles. En este sentido, proponen una serie de orientaciones para desarrollar paso a paso el trabajo de conservación de árboles.

Los estudios de caso presentados por los autores permiten abordar todo el abanico de visiones sobre la conservación de los árboles, incluyendo evaluaciones de la biodiversidad, técnicas de propagación, planteamientos *in situ* y *ex situ* e integración en las políticas de planificación urbanística, de toma de decisiones, de seguimiento, educativas y de desarrollo sostenible. Por muy inspiradores que resulten, estos estudios de caso no dejan de pintarnos un cuadro en el que también resulta patente lo mucho que aún queda por hacer.

Este libro aporta pues un valioso marco para desarrollar enfoques integrales de conservación de árboles. Estos resultan muy necesarios, así como todas las valiosas contribuciones a la conservación y al conocimiento colectivo al respecto. Tanto los autores como yo esperamos que este manual suscite su interés y le mueva a tomar medidas a favor de la conservación de los árboles en todo el planeta.

Gerard T. Donnelly, Ph.D.

Presidente y Director General
del Morton Arboretum



(Kemal Jufri)

1. Introducción

Este manual de referencia ha sido desarrollado para fomentar la conservación integral de especies arbóreas amenazadas en jardines botánicos y arboretos (a partir de ahora, referidos conjuntamente como “jardines botánicos”). Está pensado para el personal y colaboradores de los jardines botánicos de todo el mundo, con la intención de ayudar al desarrollo, planificación y aplicación de medidas de conservación específicas para las especies arbóreas. Los jardines botánicos gozan de una situación privilegiada para realizar importantes contribuciones en este área, en la medida en que poseen las capacidades y técnicas adecuadas para identificar, cultivar y propagar una amplia variedad de árboles, contando además con importantes colecciones de árboles vivos, semillas y otros plasmados de germen que pueden resultar muy valiosos para apoyar las iniciativas de conservación, tanto *in situ* como *ex situ*.

Muchos jardines botánicos se están implicando cada vez más en actividades que integran planteamientos *in situ* y *ex situ* de conservación de árboles, habitualmente en colaboración con otras organizaciones, como organismos de parques naturales, servicios forestales, Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y comunidades locales. En este manual incluimos unos cuantos estudios de casos de colaboraciones de este tipo, para mostrar cómo los jardines botánicos pueden llevar la iniciativa en este área, alcanzando importantes logros tanto para las especies vegetales como para las personas. No obstante, la conservación de los árboles conlleva ciertas dificultades específicas, por lo que uno de los objetivos de este manual consiste en ayudar a identificar potenciales problemas y obstáculos y a superarlos en la práctica.

A estas alturas, ya es urgente asegurar la conservación de muchas especies arbóreas. Existen alrededor de 7800 de estas actualmente registradas como amenazadas de extinción a escala global (Oldfield *et al.*, 1998; Newton y Oldfield, 2008). Faltan sin embargo datos sobre la situación y distribución de numerosas especies que se sospecha que son raras, así que probablemente las cifras reales sean muy superiores. Los árboles poseen una importancia ecológica excepcional, al asegurar el hábitat a un amplio abanico de otros seres vivos. Muchos de estos árboles en peligro de extinción también benefician a las personas, además de estar vinculados a importantes valores sociales, económicos y culturales. Por lo tanto, su continuo declive hasta la desaparición puede llegar a tener consecuencias también graves para el bienestar humano.

Este manual parte de la obra *A handbook for botanic gardens on the reintroduction of plants to the wild*, publicado por BGCI en 1995 (Akeroyd y Wyse Jackson, 1995) y responde a la creciente urgencia de restaurar y conservar los ecosistemas amenazados. Se basa tanto en obras científicas como en diversas experiencias prácticas de proyectos de conservación de árboles en todo el mundo. Hemos de agradecer pues a una amplia serie de expertos la aportación de sus conocimientos y experiencias, como se reconoce en la página xx. Los siguientes capítulos comienzan explicando brevemente por qué hay que conservar y restaurar las especies arbóreas y cómo desarrollar planteamientos integrados de conservación. Posteriormente se aporta una guía de actuación paso a paso para fomentar el diseño y aplicación práctica de dichos planteamientos. Aunque este manual se limita a ser una breve introducción a un tema muy amplio y complejo, es de esperar que por lo menos sirva para facilitar y fomentar que los jardines botánicos y los organismos de planificación territorial desarrollen actividades integrales de conservación de especies arbóreas.



Sophora toromiro. (Magnus Lidén)

2. ¿Por qué es importante conservar y restaurar las especies arbóreas?

2.1 Importancia de las especies arbóreas

Los árboles poseen una extraordinaria importancia ecológica, socioeconómica y cultural. Como principal componente de la biomasa de los ecosistemas forestales, aseguran el hábitat a por lo menos la mitad de la biodiversidad terrestre del planeta (Millennium Ecosystem Assessment, 2005): al 80 % de los anfibios, al 75 % de las aves y al 68 % de los mamíferos (Vié *et al.*, 2009). Los ecosistemas forestales desempeñan, por su lado, un enorme papel en los procesos biogeoquímicos del planeta, conteniendo cerca del 50 % de las reservas de carbono terrestres mundiales (FAO, 2010; Millennium Ecosystem Assessment, 2005), lo que da una idea sobre su importancia en la lucha contra el cambio climático provocado por la actividad humana. Los árboles y los ecosistemas forestales también aportan una amplia gama de beneficios para las poblaciones: desde la producción de madera, leña y fibra, hasta servicios ecosistémicos como agua potable, protección contra las inundaciones y prevención de la erosión del suelo, además de suponer un importante valor cultural y espiritual (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; UNEP, 2009). El valor total de dichos servicios ha sido estimado en 4,7 billones de USD (dólares estadounidenses) anuales (Costanza *et al.*, 1997). Unos 1600 millones de personas dependen directamente de los árboles para su supervivencia cotidiana (Banco Mundial, 2004) y las industrias forestales contribuyen con aproximadamente 468.000 millones de USD anuales a la economía global (FAO, 2011). Investigaciones recientes han confirmado que es necesaria una gran diversidad vegetal para mantener muchos de los servicios ecosistémicos (Isbell *et al.*, 2011).

2.2 La necesidad de pasar a la acción

La amplia pérdida y degradación de los bosques primarios ya es reconocida hoy en día como parte de la crisis medioambiental global. Durante el periodo 2000-2005, el área forestal global se ha reducido a un ritmo aproximado de 20 millones de hectáreas anuales (Hansen *et al.*, 2010), de las cuales hasta 4,2 millones de hectáreas anuales corresponden a bosques primarios (es decir, el 0,4 % de su extensión) (FAO, 2010). La pérdida y degradación de los ecosistemas forestales debido a las actividades humanas constituye una de las principales causas del deterioro global de la biodiversidad (UNEP, 2009; Vié *et al.*, 2009). Las talas forestales con fines agrícolas, mineros, urbanísticos e industriales también contribuyen a la pérdida de bosques y de especies arbóreas, así como ciertas actividades de explotación forestal, quemadas y un excesivo pastoreo, que también pueden tener impacto en la estructura, funciones y



Araucaria en el Parque Nacional Conquillo, Chile (P. Hollingsworth, Real Jardín Botánico de Edimburgo)

procesos forestales. El cambio climático constituye otra amenaza global que puede afectar especialmente a especies con una distribución limitada o a aquellas con escasos mecanismos de regeneración y dispersión. Además, el cambio climático también interactúa con otras amenazas, incrementando así el riesgo de sequía e incendios, como sucede por ejemplo en la Amazonia (Nepstad *et al.*, 2008).

La situación de conservación de las especies arbóreas mundiales apenas es escasamente conocida. Resulta chocante que numerosos países ni siquiera cuenten con una lista completa de las especies arbóreas presentes dentro de su territorio; no hablemos pues, evidentemente, de la absoluta falta de información sobre su situación de conservación. Existen por lo menos 400.000 especies vegetales en todo el mundo (Govaerts, 2001) y los árboles constituyen aproximadamente el 25 % de esta cifra, aunque el número total de especies arbóreas existentes no se conoce con exactitud (Oldfield *et al.*, 1998). En 1998, un equipo de 300 expertos llevó a cabo una catalogación inicial, que arrojó la cifra de 14.000 taxones arbóreos, de los cuales 7886 estaban en peligro de extinción (Oldfield *et al.*, 1998). Aunque las siguientes investigaciones han ido incrementando esta suma, aún existen muchas especies sin catalogar. Además, numerosas especies, aunque aún no hayan alcanzado cotas de amenaza de extinción, han sufrido un grave declive en términos de abundancia, incluyendo entre las mismas a muchas que están siendo explotadas para la extracción de madera y de otros productos forestales. Todo esto nos conduce a insistir en la urgente necesidad de adoptar medidas de conservación centradas en las especies arbóreas.

Estudio de caso 1:

Prunus africana (cerezo africano)

El *Prunus africana* es una especie autóctona de los hábitats montañosos de altitudes elevadas del África tropical. También llamado “cerezo africano” (African cherry o red stinkwood en inglés) o por su antiguo nombre científico, *Pygeum africanum*, este árbol de hoja perenne y madera dura tiene un gran valor económico y medicinal, tanto para las comunidades locales como a escala internacional. Una combinación de complejos factores interrelacionados, económicos, sociales y ecológicos, contribuyeron en las últimas décadas del siglo XX a generar una presión creciente sobre las poblaciones del cerezo africano. Como resultado, la especie fue clasificada en 1995 en el Apéndice II de la CITES, quedando regulado el comercio de productos de *P. africana*, y se incluyó en 1998 en la Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas de Extinción en la categoría de “Vulnerable”. Posteriormente, se ha observado un cambio, pasándose de una recolección exclusivamente silvestre de la especie a un aumento de su cultivo y domesticación, complementado por proyectos integrales de conservación y desarrollo.

Numerosas generaciones de toda África han valorado mucho el cerezo africano por su madera duradera y fuerte, por las propiedades medicinales de su corteza y sus hojas e igualmente como leña. Las creencias tradicionales y los tabúes que le han atribuido las comunidades locales, por ejemplo en Camerún, han protegido y controlado el uso de estos árboles, al ser declarados bosques sagrados. Las técnicas de recolección sostenible limitaban el alcance de la extracción de corteza y preservaban el cámbium vascular, de manera que el árbol pudiera regenerar su corteza.

La explotación comercial a gran escala del *P. africana* comenzó cuando en 1972 se patentó el extracto de su corteza como tratamiento para la hiperplasia prostática benigna. Los árboles se convirtieron entonces en una fuente importante de beneficios para las comunidades de las montañas boscosas, especialmente en los principales países exportadores: Camerún, Madagascar, Kenia y Guinea Ecuatorial, con un rendimiento de unas 3500 toneladas al año. No obstante, la creciente demanda internacional (sobre todo de Europa y Estados Unidos) de dicha materia prima, así como las dificultades económicas de muchas comunidades locales, condujeron a la sobreexplotación.

A pesar de que en los países exportadores existen, en distintos grados, planes de gestión, normativas y directrices para la recolección sostenible, la distribución dispersa del cerezo africano y la falta de recursos en dichos países dificultan su seguimiento y control comunitario. Los bajos precios que se pagan a los recolectores alientan la recolección destructiva y sin restricciones a cambio de una ganancia económica a corto plazo, y obstaculizan el desarrollo de alternativas más costosas. Las prácticas inadecuadas o ilegales, como el anillado excesivo o completo, la tala o la recolección de árboles inmaduros, realizada por trabajadores no cualificados o descuidados, provoca la destrucción de los árboles y un serio declive en las poblaciones silvestres de *P. africana*. La tala de árboles maduros provoca también la reducción de la producción de

semillas y su mala germinación, de lo que resulta la falta de brinzales y de árboles jóvenes. El hábitat del cerezo africano también se ha visto afectado por la deforestación y por la plantación de árboles exóticos, que han ocasionado, respectivamente, su fragmentación en poblaciones genéticamente aisladas y una competencia desmedida por parte de especies invasoras.

Para enfrentarse a peligros tan complejos para las poblaciones silvestres de *P. africana*, las estrategias de conservación han de desplegarse igualmente en muchos ámbitos, abarcando factores tanto ecológicos como económicos. La recolección silvestre sostenible parece viable únicamente dentro de un marco normativo estricto y sin fisuras, apuntalado por sanciones disuasivas y por un fuerte apoyo de la comunidad. La recolección silvestre se puede considerar una fase intermedia, hasta la transición completa a la agrosilvicultura o a la producción de plantación, que puede así reducir la presión sobre los recursos naturales.

Algunos proyectos recientes se centran en la domesticación y en el cultivo a pequeña escala del *P. africana* (p. ej., en Buea, Camerún, y en los huertos familiares de Tanzania), así como en programas de plantación a gran escala (p. ej., en las tierras altas de Lebialem, Camerún). Dichos programas aprovechan el rápido ritmo de crecimiento de la planta así como su idoneidad para lugares abruptos, y tienen en cuenta la considerable diversidad genética existente entre las diferentes poblaciones y en el interior de las mismas. Una de las ventajas del cultivo es que el genotipo de los ejemplares cultivados para fines farmacéuticos se puede controlar en función de la demanda. Por ejemplo, un programa de reforestación y comercio en Uganda aprovechó el descubrimiento de que los árboles de los parques nacionales locales tenían la mayor concentración del principio activo farmacéutico en todo el país, de modo que se creó un semillero de genotipos superiores para abastecer a los agricultores con los plantones requeridos. El Proyecto de reforestación de la cuenca del Nilo en Uganda, que implica a otros árboles africanos además del *P. africana* y que se lanzó en 2009 en asociación con varias organizaciones de las comunidades locales, tiene el objetivo de generar 700 empleos locales y será tenido en cuenta de cara a la reducción de emisiones de acuerdo con el Protocolo de Kioto.

Las limitaciones más importantes para la conservación, el cultivo y la reforestación de *P. africana* se derivan de la escasa disponibilidad de semillas, debido a la tardía madurez de las plantas (aproximadamente 15 años), una producción fluctuante y la naturaleza intermedia/recalcitrante de sus semillas. Las técnicas de cultivo de tejidos ofrecen una solución viable para una rápida multiplicación de plasma de germen de cerezo africano seleccionado para cultivo, ayudando así a preservar los valiosos recursos genéticos, a prevenir el muestreo destructivo de poblaciones silvestres y colaborando en la conservación *in situ* y *ex situ*.

Fuente: Elaborado por Ildiko Whitton, en base a Cunningham (2005) y CMNUCC (2009)

Estudio de caso 2:**Restauración de bosques de dipterocarpáceas – restricciones en la utilización de especies “En peligro”**

Los árboles de la familia de las dipterocarpáceas dominan amplias superficies de bosques de Asia sudoriental y aportan el 80 % de las exportaciones de madera de la región. Muchas especies de dipterocarpáceas se encuentran en peligro de extinción como resultado de las presiones derivadas de las talas de árboles y de una deforestación generalizada. Son especies que suelen presentar una densidad baja de adultos reproductivos, dependen de los insectos para la polinización y sufren una pobre diseminación de sus semillas, que además son recalcitrantes.

Se ha planteado que la restauración de bosques de dipterocarpáceas puede llevarse a cabo por dos vías: plantación de enriquecimiento de plantones de especies seleccionadas en bosques degradados o restauración forestal completa mediante el establecimiento de una cubierta protectora de especies de rápido crecimiento muy demandantes de luz, seguida de una repoblación bajo cubierta con dipterocarpáceas. La plantación de enriquecimiento probablemente sea la vía más eficiente, pero la menos beneficiosa en términos de funcionamiento ecológico y subsistencia local.

La incorporación de especies amenazadas de dipterocarpáceas debería considerarse en cualquier esfuerzo de restauración. Se dispone del conocimiento técnico para propagar las dipterocarpáceas a una relativa gran escala, pero la ecología reproductiva de estas especies presenta varios retos. La producción de semillas, como la fructificación de las bellotas, resultan imprevisibles. La verticalidad de los árboles puede hacer que la recolección de semillas sea dificultosa. Estas se deben recoger lo antes posible, proteger de la infección por hongos, del sobrecalentamiento, de la degradación fisiológica y, posteriormente, se deben germinar lo antes posible. Otra alternativa consiste en recolectar plantones silvestres del suelo forestal. Pero se debe tener cuidado de no caer en una sobrerrecolección de los mismos, puesto que esto afectaría a la regeneración natural. La plantación de enriquecimiento en Indonesia suele utilizar plantas propagadas a partir de esquejes de tallos extraídos de plantones silvestres. Lo ideal sería utilizar semillas para la propagación de dipterocarpáceas en las restauraciones forestales, pero en bosques explotados la producción de semillas puede ser muy baja.

La identificación de las diversas especies constituye un problema clave. La incorporación de especies amenazadas depende tanto de los conocimientos taxonómicos especializados, como del suministro de semillas o esquejes de jardines botánicos y arboretos.



Flor de *Dipterocarpus sarawakensis*, una especie *Críticamente Amenazada* en *Malasia Peninsular* (Wong, W.S.Y.)



Fruto de *Dipterocarpus sarawakensis*. (Wong, W.S.Y.)

Actualmente, 264 de un total de unas 500 especies de dipterocarpáceas están registradas en colecciones de jardines botánicos incluidas en la base de datos de BGCI PlantSearch. De estas especies cultivadas, 175 están catalogadas como amenazadas de extinción en todo el mundo de acuerdo con la Lista Roja de la UICN.

Fuente: Kettle, 2010



Prunus africana creciendo en el Jardín Botánico de Tooro. (BGCI)



Dipterocarpus sarawakensis. (Wong, W.S.Y)

2.3 Contexto de políticas conservacionistas

La necesidad de actuar para reducir la tasa de pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas y de los productos y servicios ecosistémicos asociados, constituye ya la principal razón de ser de numerosas iniciativas políticas. A escala global, la más importante es el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), que aporta un amplio marco para la conservación de todos los componentes de la biodiversidad. El CDB persigue sus objetivos mediante Programas de Trabajo; la conservación de especies arbóreas está presente en varios de los mismos, como en el Programa Forestal, el Programa de Áreas Protegidas y el Programa de Desarrollo Sostenible. Resulta además especialmente relevante dentro de la iniciativa transversal de la Estrategia Mundial para la Conservación de las Especies Vegetales (GSPC, por sus siglas en inglés). El Plan Estratégico por la Biodiversidad del CDB, acordado en el Décimo Encuentro de la Conferencia de las Partes (COP10), celebrado en Nagoya (Japón) en 2010, aporta un nuevo marco global de actuaciones a favor de la biodiversidad, que no sólo afecta a los convenios relacionados con el tema, sino a todo el sistema de Naciones Unidas. Este Plan Estratégico plantea una serie de objetivos para el periodo 2010-2020, entre los cuales se incluye:

- **Objetivo 15:** Mejorar la resiliencia de los ecosistemas y la contribución de la biodiversidad a la captura de carbono, mediante la conservación y restauración de por lo menos el 15 % de los ecosistemas degradados, lo que contribuirá a la mitigación del cambio climático y a la adaptación al mismo, así como a la lucha contra la desertificación.

La GSPC, adoptada en 2002, fue revisada en 2010 para incluir objetivos de conservación de especies vegetales de acuerdo con el Plan Estratégico por la Biodiversidad. Si bien todos los objetivos de la GSPC resultan pues relevantes para la conservación de las especies arbóreas, los específicamente relacionados con la conservación y restauración, *in situ* y *ex situ*, de las mismas son los siguientes:

- **Objetivo 4:** Asegurar la conservación de por lo menos el 15 % de cada región ecológica o de cada tipo de especie vegetal, mediante medidas efectivas de gestión y restauración.
- **Objetivo 7:** Conservar *in situ* por lo menos el 75 % de las especies vegetales amenazadas conocidas.
- **Objetivo 8:** Conservar por lo menos el 75 % de las especies vegetales amenazadas en colecciones *ex situ*, preferentemente en los países de origen, asegurando la disponibilidad de por lo menos el 20 % de las mismas para programas de recuperación y restauración.

Esto genera un claro contexto conservacionista favorable a relacionar la recuperación de las poblaciones naturales de especies vegetales con las colecciones *ex situ*, que es en lo que se centra este manual.

Exponemos a continuación otras medidas políticas globales relevantes para la conservación de los bosques y de las especies arbóreas:

- **Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).** Se trata de un tratado internacional adoptado por 193 países en 1992, en un intento por mitigar el cambio climático global. Las iniciativas de restauración forestal, reforestación y forestación son contempladas como planteamientos valiosos en esta misma línea, debido a la captura y retención de carbono que aseguran los árboles. Son pues iniciativas que podrían ser promovidas por los nascentes mercados de carbono. Este tipo de mercados, regulados y de obligado cumplimiento, son gestionados por el reglamento de la CMNUCC en el Protocolo de Kyoto, e incluye proyectos que acuden a Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), muchos de los cuales están relacionados con iniciativas forestales. Existen además igualmente mercados de carbono de adhesión voluntaria que, aunque no regulados, proponen ciertas normas a los proyectos, como el Estándar CCB (Climate, Community and Biodiversity) o el Estándar Voluntario de Carbono (VSC, por sus siglas en inglés). Estos ya están siendo aplicados a una amplia gama de planes de conservación y reforestación, muchos de los cuales son realizados por ONG.

- **Convención de las Naciones Unidas para Combatir la Desertificación y la Sequía (UNCCD, por sus siglas en inglés).** La lucha contra la desertificación (es decir, contra la degradación de zonas naturales en áreas áridas, semiáridas y secas) resulta esencial para asegurar la conservación a largo plazo de las regiones con baja humedad, así como de la biodiversidad que estas contienen. La UNCCD fue adoptada en 1994 y pretende promover actuaciones eficaces a través de programas locales innovadores y iniciativas internacionales de apoyo.
- **Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES; por sus siglas en inglés).** Esta Convención aporta un marco legal internacional para la regulación de la compra-venta de aquellas especies vegetales y animales comercialmente explotables a escala global. El tratado actúa mediante la concesión y supervisión de los permisos de importación-exportación de seres vivos y de los productos derivados, ateniéndose a las listas contenidas en sus tres Anexos. La CITES certifica pues una comercialización sostenible de las especies listadas en su Anexo II, que son aquellas que pueden soportar las tasas actuales de explotación, pero impide el comercio con las especies listadas en su Anexo I, que corresponde a las que están amenazadas de extinción. Actualmente, este Anexo I de la CITES incluye más de 20 especies arbóreas, entre ellas algunas de las presentes en los estudios de casos de este manual, como la *Fitzroya cupressoides* y la *Prunus africana*. En cuanto a las especies contenidas en el Anexo II, es necesario controlar sus cifras de exportación para asegurar un nivel de conservación adecuado al papel que desempeñan en sus correspondientes ecosistemas. Se está fomentando además una sinergia entre la CITES y el CDB, de varias maneras y a escala nacional e internacional, incluso a veces mediante la aplicación directa de los objetivos de la GSPC.

En el contexto de la mitigación del cambio climático, un instrumento muy prometedor para financiar la restauración de los bosques es el Programa de Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques (REDD, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo consiste en ofrecer incentivos a los países en vías de desarrollo para que inviertan en un desarrollo sostenible bajo en emisiones de carbono (Bullock *et al.*, 2011). Desarrollado por la CMNUCC y dirigido por la Coalición de Países con Bosques Tropicales (<www.rainforestcoalition.org/>), el planteamiento original del REDD consistía pues en reducir las emisiones evitando la deforestación y degradación forestal, pero recientemente ha ampliado sus iniciativas (bajo el nuevo nombre de REDD+) para incluir «el fomento de la captación de carbono» mediante la promoción de la restauración de los bosques. Las actividades del REDD+ reciben apoyos de las administraciones centrales y locales, de ONG y del sector privado, así como de

algunos organismos internacionales de desarrollo y de institutos de investigación. Entre las iniciativas internacionales de apoyo al REDD y al REDD+ se cuentan el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (<www.forestcarbonpartnership.org/fcp/>) y el Programa UN-REDD (<www.un-redd.org/>). Su financiación procede del mercado global de carbono –que en 2008 alcanzaba unas cifras de 125.000 millones de USD–, con un presupuesto que supera ya los 6000 millones de USD (Stickler *et al.*, 2009). Existen sin embargo críticas hacia este instrumento, pues al centrarse exclusivamente en el servicio ecosistémico de captura de carbono, puede afectar negativamente a otros servicios y ámbitos sociales (Bullock *et al.*, 2011; Stickler *et al.*, 2009). Sus potenciales efectos negativos podrían incluir la pérdida de medios de vida para ciertas poblaciones o la obstaculización del acceso a tierras de cultivo debido a la reforestación, riesgo especialmente elevado en ciertas regiones con conflictos por la posesión de tierras. Esto subraya la necesidad de dotarlo de un marco institucional y normativo adecuado, para promover las actividades de restauración forestal asegurando a la vez un equitativo reparto de los beneficios a escala local (Bullock *et al.*, 2011). En Probert *et al.* (2011) se plantea el papel actual y potencial que pueden desempeñar los jardines botánicos en el proceso REDD+.

Además de todas estas iniciativas internacionales, el CDB también pide a cada país que desarrolle sus propias Estrategias y Planes de Acción Nacionales en materia de Diversidad Biológica (NBSAP, por sus siglas en inglés). A la altura de octubre de 2010, 171 de los 193 países firmantes del CDB ya habían desarrollado sus propios NBSAP. Ahora se está intentando armonizar estos con los objetivos de la GSPC, así como con los objetivos globales de biodiversidad para 2020. Estos Planes Nacionales suelen incluir requisitos de conservación de especies que constituyen una sólida base para la restauración forestal. Muchos países han desarrollado además políticas y legislaciones adicionales de protección y recuperación de especies que a veces también benefician a las especies arbóreas.



Brinzal silvestre de *Magnolia silvioi*. (A. Cogollo)

3. Planteamientos de conservación

3.1 Conservación *In situ*

Está generalmente admitido que la mejor forma de asegurar la supervivencia y evolución natural a largo plazo de las especies arbóreas, así como de las comunidades ecológicas de las que forman parte, consiste en mantener poblaciones viables en sus entornos de origen (Kramer *et al.*, 2011). Es lo que se denomina “conservación *in situ*”. Esta se suele realizar mediante la designación y gestión de algún tipo de área protegida, como los Parques Nacionales, las áreas silvestres y las reservas naturales (Newton, 2007). La extensión de la red global de áreas protegidas sigue ampliándose, existiendo ya en la actualidad casi 133.000 de estas, que representan el 12 % de la superficie terrestre planetaria (Butchart *et al.*, 2010). Las Partes del CDB se han comprometido recientemente a incrementar estas cifras hasta alcanzar el 17 % en 2020. Pero a pesar de todos estos sustanciales esfuerzos por apoyar el desarrollo y gestión de áreas protegidas, muchas de ellas se hallan actualmente amenazadas por diversas actividades humanas como la invasión urbanística, el desarrollo de infraestructuras, la transformación de los hábitats, los cultivos ilegales y los incendios (Chape *et al.*, 2005). Existen otros problemas adicionales de carácter político, como el debilitamiento de las instituciones estatales, los conflictos entre políticas contradictorias y por la propiedad de los recursos (Brandon *et al.*, 1998). Debido a todos estos problemas, y al hecho de que la cobertura aportada por estas redes de áreas protegidas aún resulta incompleta, se requieren medidas de conservación adicionales.

3.2 Restauración y reintroducción ecológica

La amplísima degradación ambiental derivada de las actividades humanas está conduciendo a un creciente interés por las medidas de “restauración ecológica”. Esta puede ser definida como un proceso de apoyo a la recuperación de un ecosistema degradado, dañado o destruido (Bullock *et al.*, 2011). La restauración ecológica se ha desarrollado rápidamente en las últimas décadas, tanto como disciplina científica como en términos de práctica de gestión medioambiental (Nellemann y Corcoran, 2010). Ya se están invirtiendo miles de millones de USD en medidas de restauración por todo el planeta (Goldstein *et al.*, 2008), con el apoyo de compromisos políticos internacionales como el CDB. Hay numerosas organizaciones ecologistas y asociaciones comunitarias activamente implicadas en dichos proyectos de restauración ecológica, aunque estos son cada vez más asumidos por otros tipos de organizaciones, como los propios gobiernos o grandes empresas.

Existe toda una terminología ampliamente usada, relacionada con este ámbito. Se habla de “rehabilitación” para referirse a la recuperación de un ecosistema, pero sin incluir entre sus objetivos el restablecimiento de una situación preexistente. Por “recuperación (de tierras)” suele entenderse, por lo general, la mejora medioambiental de áreas industriales y puede incluir la estabilización del suelo, así como mejoras estéticas (Newton, 2007). En este caso, no se insiste tanto en una restauración de la biodiversidad originalmente presente en el área degradada, como en un simple restablecimiento de la productividad vegetal. “Forestación” y “reforestación” se refieren ambos al cultivo de árboles en un área, en el primer caso allí donde antes no había y, en el segundo, tras una deforestación (Mansourian, 2005).

Resulta también interesante diferenciar entre diversos planteamientos de restauración: entre la restauración de ecosistemas completos o comunidades ecológicas y aquella que se centra en especies específicas. Por ejemplo, las medidas de conservación pueden centrarse en restaurar poblaciones de una especie arbórea particular esquilada por talas madereras. Esto puede llevarse a cabo mediante el establecimiento artificial de especímenes de la especie en cuestión, como las “plantaciones de enriquecimiento”, es decir, acudiendo a plantones procedentes de poblaciones *ex situ*. Si toda una especie ha sido totalmente extirpada de su hábitat original, pasa a ser candidata a un proyecto de “reintroducción”, cuyo objetivo consiste en restablecer poblaciones nuevas y autosostenibles en aquellos lugares que ocuparon en el pasado. En los últimos años cada vez se acude más a iniciativas de reintroducción como instrumento de conservación forestal (Falk *et al.*, 1996). Por ejemplo, hasta una cuarta parte de los planes de restauración de las especies vegetales incluidas en la Ley estadounidense de Especies Amenazadas, incluyen la reintroducción (Kramer *et al.*, 2011). Para que las reintroducciones resulten exitosas, se depende de la disponibilidad de material adecuado, procedente ya sea de poblaciones vecinas semejantes o de poblaciones *ex situ* adecuadas. Los planteamientos integrales de conservación suelen, por lo tanto, incluir medidas de reintroducción de especies específicas, como se describe en este manual. No obstante, dichas medidas suelen formar parte pues de una iniciativa más amplia para restaurar todo el ecosistema, como también planteamos más adelante.

Estudio de caso 3:**Restauración de árboles autóctonos en las Tierras Altas de Kenia**

El Jardín Botánico de Brackenhurst se encuentra a 25 km al norte de Nairobi. Cuenta con un centro de conferencias donde se celebran reuniones empresariales, científicas y religiosas de toda África. El terreno abarca una parte de un valle, en forma de franja que parte de una presa y se extiende río abajo a lo largo de 1,5 km. La otra parte del valle es terreno de propiedad estatal. Ambas partes estaban cubiertas de plantaciones exóticas de eucaliptos, cipreses y acacias negras australianas (*acacia mearnsii*), típicos de la zona, que ha perdido más del 99 % de su bosque autóctono para ceder espacio a plantaciones de café, té y árboles exóticos, a pequeñas propiedades agrícolas, a la horticultura y a la expansión urbana. Entre 2000 y 2001 se empezaron a hacer esfuerzos para sustituir por bosque autóctono las plantaciones de árboles exóticos de la mitad del terreno de Brackenhurst (40 ha). La idea era crear un bosque que incluyera únicamente árboles, arbustos y lianas autóctonos de las tierras altas de África oriental.

Las plantaciones de árboles comenzaron en 2001, después de limpiar dos hectáreas de eucaliptos, acacias y cipreses. Aunque el proyecto comenzó como un arboreto, ha derivado en un bosque “natural”. Esto es importante, puesto que su biodiversidad es muy superior a la de un artificial arboreto, permitiendo que se desarrolle una gran variedad de especies de sotobosque y no climáticas, como arbustos, lianas, rubiáceas y *Euphorbiaceae* de sotobosque, orquídeas, helechos y diversas especies herbáceas. Simultáneamente se ha producido un incremento de vida aviar, de pequeños mamíferos y de insectos.

Diez años después, hay 20 ha de terreno con un bosque en crecimiento de entre 1 y 11 años, que incluye unas 300 especies de árboles, arbustos y lianas. Este jardín y bosque autóctono se ha convertido ya en un centro de biodiversidad vegetal de las tierras altas de África oriental. Con más de

80.000 plantas de más de 1400 especies, el jardín botánico es una fuente de semillas y material de plantación, así como un modelo para proyectos de reforestación autóctona en África oriental. La restauración ecológica ha tenido como resultado mejoras en la fauna aviar y de insectos, en la fertilidad del suelo, la protección de la cuenca hidrográfica y la estabilización de su caudal.

Brackenhurst tiene una enorme importancia como modelo en Kenia, donde en los últimos 20 años se han destruido 100.000 ha del bosque Mau (el principal “depósito de agua” de Kenia). Se están haciendo esfuerzos para la reforestación a gran escala, pero las dificultades son similares a las que tuvo que superar el proyecto de reforestación de Brackenhurst. Además, se está negociando con los cultivadores de té para que ayuden a replantar valles escarpados con bosque autóctono, para evitar la fuerte sedimentación de los ríos y los embalses. Actualmente, se están retirando periódicamente eucaliptos (1,5 ha de té requieren 0,5 ha de bosque de eucalipto común para su desecación), pues estos provocan una grave erosión del suelo porque el crecimiento de sotobosque entre estos árboles es mínimo por culpa de las cualidades tóxicas de las esencias de sus hojas muertas. Replantar bosque autóctono cerca de los afluentes ayudará a proteger la cuenca hidrográfica y a garantizar el caudal de agua todo el año.

El jardín y bosque autóctono de Brackenhurst cuenta actualmente con la mayor biodiversidad vegetal cultivada in situ y ex situ en toda África oriental. Se cultivan muchas especies de la Lista Roja de la UICN y muchas otras que deberían estar incluidas. Hay más de 40 ejemplares jóvenes de la especie trepadora endémica *Embelia keniensis*, de la cual sólo se conocen cinco ejemplares adultos en estado silvestre (a pesar de lo cual, todavía no está incluida en la Lista Roja de la UICN).

Fuente: Mark Nicholson

Vivero en el Jardín Botánico de Brackenhurst, Kenia. (BGCI)



3.3 Conservación *ex situ*

La conservación *ex situ* podría ser definida como la conservación y mantenimiento de muestras de organismos vegetales vivos fuera de su hábitat natural, ya sea en forma de toda la planta, la semilla, el polen, propágulos vegetativos, cultivos de tejidos o de células. Hay tal cantidad de especies vegetales en agudo declive debido a las actividades humanas, muchas ellas amenazadas ya de extinción, que los planteamientos de conservación *ex situ* resultan cada vez más necesarios. Aunque los jardines botánicos desempeñan un papel protagonista en estos sistemas de conservación *ex situ* de especies vegetales, muchas otras organizaciones también mantienen este tipo de colecciones, incluyendo entre ellas instituciones académicas, ONG, servicios forestales y otros organismos estatales. Dichas colecciones pueden resultar también valiosas con fines de investigación, horticultura y educación, pero en este documento nos vamos a centrar en su valor potencial en términos de conservación.

El valor de las colecciones *ex situ* para las iniciativas de conservación depende de tres factores principales (extraído de Kramer et al., 2011):

- 1) **El tipo de material vegetal recopilado** (incluyendo semillas, explantes y plantas vivas), que varía en función de la biología reproductora de cada especie, de las características de sus semillas y de su adaptabilidad a las condiciones *ex situ*. Para aquellas especies con semillas ortodoxas (es decir, que pueden ser desecadas y almacenadas a bajas temperaturas durante numerosos años, sin dejar de ser viables), las colecciones *ex situ* con bancos de semillas permiten asegurar una buena conservación directa a un coste muy bajo. Para las especies con semillas recalcitrantes (es decir, que no pueden ser desecadas ni almacenadas), el cultivo de tejidos o las técnicas criogénicas pueden también asegurar su conservación, pero a un coste muy superior. Las colecciones de plantas vivas también pueden servir para estos fines de conservación, en función de cómo sean recolectadas y mantenidas.
- 2) **Los protocolos de recolección:** en términos generales, las colecciones *ex situ* bien documentadas y de plantas recolectadas en estado silvestre, reuniendo la mayor variedad posible de variantes genéticas de cada especie, tienen un gran valor para la conservación. Los jardines botánicos suelen mantener colecciones de plantas vivas con uno o más especímenes por especie, tanto de origen silvestre como no silvestre (de cultivo o desconocido). Puesto que sólo las colecciones genéticamente diversas y representativas resultan apropiadas como medio directo para la conservación *in situ* (para, por ejemplo, medidas de reintroducción), las colecciones de plantas vivas que sólo cuentan con unos pocos especímenes tendrán por lo general

Estudio de caso 4:

Metasecuoya: ¿conservación o colecciones de museo?

La especie arbórea “Críticamente amenazada” que tiene una representación más amplia en las colecciones de plantas vivas es la metasecuoya (*Metasequoia glyptostroboides*), que está registrada en 187 jardines botánicos y arboretos, de acuerdo con la base de datos PlantSearch de BGCI. La especie se ha propagado ampliamente y se ya cultiva en más de 60 países. Este atractivo árbol, la única especie de su género, se describió por primera vez en 1941 en la provincia de Hunan, en China. Unos años después, la mayor parte de su población fue talada para la explotación de su madera. Las primeras semillas recolectadas fueron enviadas al arboreto Arnold de Boston (EEUU), procediendo todas ellas de tan sólo tres ejemplares, por lo que la base genética de la especie cultivada en las colecciones de los jardines botánicos sigue siendo muy restringida hoy en día. En China, los árboles silvestres de *Metasequoia glyptostroboides* se encuentran en superficies montañosas, junto a pueblos y cultivos de arrozales, y están presentes también en al menos un parque forestal, donde puede que fueran plantados antes del descubrimiento científico de la especie. Al poco de producirse esta, se constituyó un Comité de conservación para la especie y ha estado protegida legalmente en China desde 1983. Aunque no ha habido ningún plan de recuperación de la especie, se ha plantado extensamente dentro de China, convirtiéndose en un árbol común del paisaje.

Li *et al.* (2005) realizaron un estudio sobre la composición genética de las poblaciones silvestres y artificiales de *M. glyptostroboides*, para que sirviera como orientación para la recuperación de la especie. Este estudio mostró que las poblaciones silvestres de esta carismática conífera tenían una amplia gama de variación genética, mientras que la variación genética de las poblaciones cultivadas es limitada. Se cree que esto se debe a: haber recolectado las semillas a partir de unos pocos árboles productivos y de fácil acceso, a basarse en una única población para obtener los propágulos y a un abuso del uso de la propagación vegetativa. Li *et al.* (2005) recomiendan que, en el caso de la *M. glyptostroboides*, deberían establecerse estaciones especiales de gestión de poblaciones silvestres de las cuales obtener propágulos para su replantación en zonas especialmente elegidas dentro del área natural. Cada población silvestre debería tener varias reservas genéticas *ex situ* y no debería haber mezcla de propágulos de otras poblaciones silvestres. En cuanto a las magníficas metasecuoyas de los jardines botánicos de todo el mundo, son potentes símbolos para la conservación de especies, teniendo más importancia por su valor histórico y paisajístico que por su utilidad para los programas de recuperación de la especie.

Fuente: Li *et al.* (2005)

un valor limitado. Pero, sin embargo, pueden tener cierto valor indirecto para la conservación, para fines de investigación, horticultura y educativos. Cabe también señalar que las iniciativas de recopilación *ex situ* han de planificarse cuidadosamente, para asegurarse de que no supongan un riesgo adicional para las poblaciones silvestres.

- 3) **El consiguiente mantenimiento de plasma de germen viable:** este desempeña un papel crítico para el valor definitivo de una colección *ex situ*. Sin una gestión apropiada de las muestras, el valor de conservación de la colección, o incluso la propia colección, pueden echarse a perder irremediablemente. Las colecciones genéticamente más diversas y más representativas de cada especie son las que poseen una mayor utilidad directa en términos de conservación, por lo que deben gestionarse adecuadamente para asegurarse de que el material sea genéticamente valioso y esté disponible para actividades de conservación a largo plazo. Numerosas colecciones actuales no cumplen estos estándares de calidad genética, al contar con una escasa variedad de especímenes, desconocer la procedencia de muchos de ellos o perder su diversidad genética debido a la desviación o

adaptación al cultivo y a la hibridación. La gestión de las colecciones *ex situ* debe pues minimizar el riesgo de pérdida de calidad debido a sucesos accidentales o desastres naturales (derivados de, por ejemplo, cambios de personal, robos, incendios, plagas u otras pérdidas catastróficas), asegurándose de que existan especímenes en varios lugares. Por otro lado, resulta crucial desarrollar una política de supervisión a lo largo del tiempo de las colecciones vivas, para mantener actualizados los vínculos entre los datos de la colección (por ejemplo, su procedencia) y los especímenes.



Demonstración de la propagación de *Rhododendron* en el Jardín Botánico de Cibodas. (BGCI)

Estudio de caso 5:

Repatriación de rododendros

El Real Jardín Botánico de Edimburgo posee una amplia experiencia en la taxonomía, propagación y cultivo de rododendros. El intercambio de conocimientos y de materiales ha contribuido al desarrollo de este *savoir faire* especializado. En los últimos años, el jardín se ha implicado en la repatriación de rododendros mediante la devolución de material de plantación al país de origen para su restablecimiento en jardines botánicos y/o en estado silvestre.

En 1994, se inició un proyecto para repatriar *Rhododendron* spp. a Sichuan (China). Las plantas se cultivaban vegetativamente, la mayoría por esquejes semimaduros en un medio abierto, para permitir la limpieza por motivos fitosanitarios. En la preparación para el tránsito a China, las raíces se colocaron en un medio inerte de vermiculita empapado de agua; las plantas se precintaron individualmente en bolsas de polietileno y se empaquetaron en cajas de cartón con polietileno, para aislarlas de las fluctuaciones de temperatura. La repatriación al jardín botánico subalpino de Hua Xi se realizó en otoño, para evitar a las plantas el estrés de las altas temperaturas que se experimentan a veces en verano en la región. Cuando llegaron las plantas, fueron sumergidas en agua durante varias horas, tras lo cual fueron plantadas en almácigos preparados con tierra similar a las del medio en el que habían crecido en

Edimburgo. De las 230 plantas, que representaban casi 100 especies, más del 80 % se estableció con éxito. Las causas principales de muerte fueron los desórdenes fisiológicos resultantes del estrés del trasplante, el haberse secado, el ataque de patógenos y el robo. Simultáneamente al programa de repatriación, y con ayuda en cuestiones de formación del Real Jardín Botánico de Edimburgo, el personal de Hua Xi realizó el trabajo de estabilización de las especies *Rhododendron davidii* y *R. calophytum*, endémicas de la Reserva de Long Xi.

En 2005, se llevó a cabo un segundo programa de repatriación en asociación con BGCI. Catorce *Rhododendron* spp., recolectados originalmente en Indonesia, fueron repatriados a los jardines botánicos de Cibodas procedentes también del Real Jardín Botánico de Edimburgo. Expertos de este centro impartieron además formación, abarcando temas como la identificación y taxonomía, técnicas de recolección de campo, de propagación y de gestión de datos de la colección.

Fuente: Paterson (2003) e informe de proyecto de BGCI



*Bosque de Rhododendron en Guizhou, China.
(Zhang Lehua)*

3.4 Planteamientos integrales de conservación

En los últimos años, cada vez se está dando más relevancia a los planteamientos integrales de conservación, que combinan iniciativas *in situ* y *ex situ*, a menudo acompañadas de medidas de reintroducción y restauración ecológica. La idea tradicional según la cual los jardines botánicos debían limitarse a mantener reservas de cultivos de especies amenazadas cuando se produce una degradación de su hábitat, en lo que solía describirse como el “paradigma del Arca de Noé”, ya es considerada claramente insuficiente (Havens *et al.*, 2006). De hecho, para que los jardines botánicos resulten eficaces en términos de conservación, este enfoque de “banco de especies” debe integrarse con otros planteamientos centrados en los hábitats y ecosistemas silvestres (Havens *et al.*, 2006).

El concepto de conservación integral de las especies vegetales es descrito por Falk (1987), que señala la necesidad de acudir a múltiples enfoques de conservación. Puesto que las amenazas a la biodiversidad son tan variadas y complejas, un enfoque único, como la protección legal de especies o bien la adquisición de áreas naturales, tiene pocas posibilidades de éxito. De nuevo según Falk (1987), toda conservación integral ha de basarse en la valoración y síntesis de tres conjuntos de datos:

- (i) determinación de la entidad biológica objeto de conservación, lo que incluye una definición del nivel de organización biológica que se pretende abarcar (toda una especie, una subespecie, una variedad o raza);
- (ii) identificación de las amenazas contra dicha entidad; y
- (iii) consideración de toda la gama de recursos de conservación disponibles para afrontar el problema.

Este tipo de planteamientos trata pues de dotarse de una amplia base de información sobre el problema de conservación y de acudir a una variada gama de instrumentos complementarios para perseguir un objetivo determinado (Falk, 1987). Tales planteamientos suelen centrarse muy específicamente en una ubicación concreta y en su contexto local, en contraste con los enfoques más tradicionales, cuyo ámbito de actuación tiende a ser más general. Conviene que los tratamientos sean más individualizados, en la medida en que un mismo instrumento puede tener diferentes efectos según las escalas de actuación; por ejemplo, los bancos de semillas resultan idóneos para conservar la diversidad genética dentro de una misma población, pero no son suficientes para conservar comunidades o ecosistemas completos. A pesar de lo cual, pueden desempeñar su papel dentro de una estrategia integral que pretenda abordar la biodiversidad en múltiples niveles de organización. Así pues, los planteamientos *in situ* y *ex situ* no tienen porqué ser independientes o excluyentes, sino al contrario, pueden ser considerados partes de toda una gama de métodos compatibles que se refuerzan mutuamente (Falk, 1987). El propio Falk (1987) nos aporta un ejemplo de gestión por etapas de la protección contra incendios de un ecosistema –como una pradera o una sabana– que incluye: vallado, preparación del lugar, quemadas controladas y



Warburgia – árbol medicinal valorado en África. (BGCI)

replantación de especies autóctonas. Un sistema de gestión como este puede diferir del clásico programa de reintroducción sólo en cuanto al número de años durante el cual una especie particular está ausente del lugar; y con respecto a la restauración ecológica, sólo difiere en cuanto al número de especies hacia las cuales se orientan las iniciativas de conservación.

La conservación integral de especies arbóreas incluiría pues tanto actuaciones *in situ* como *ex situ*, relacionadas con la restauración, reintroducción y recolección, para promover su supervivencia. Dicho proceso puede ser respaldado igualmente por iniciativas de investigación, horticultura y educación, para incrementar las posibilidades de éxito de las medidas de conservación (véase la Ilustración 1). Así pues, los jardines botánicos y organizaciones relacionadas pueden llegar a desempeñar un papel importante en la conservación integral de las especies vegetales en todo el planeta, al hallarse en una posición privilegiada para hacerlo (Havens *et al.*, 2006).



Recolección de leña en el bosque de nogal de Kyrgyzstan. (J. Gratzfeld)

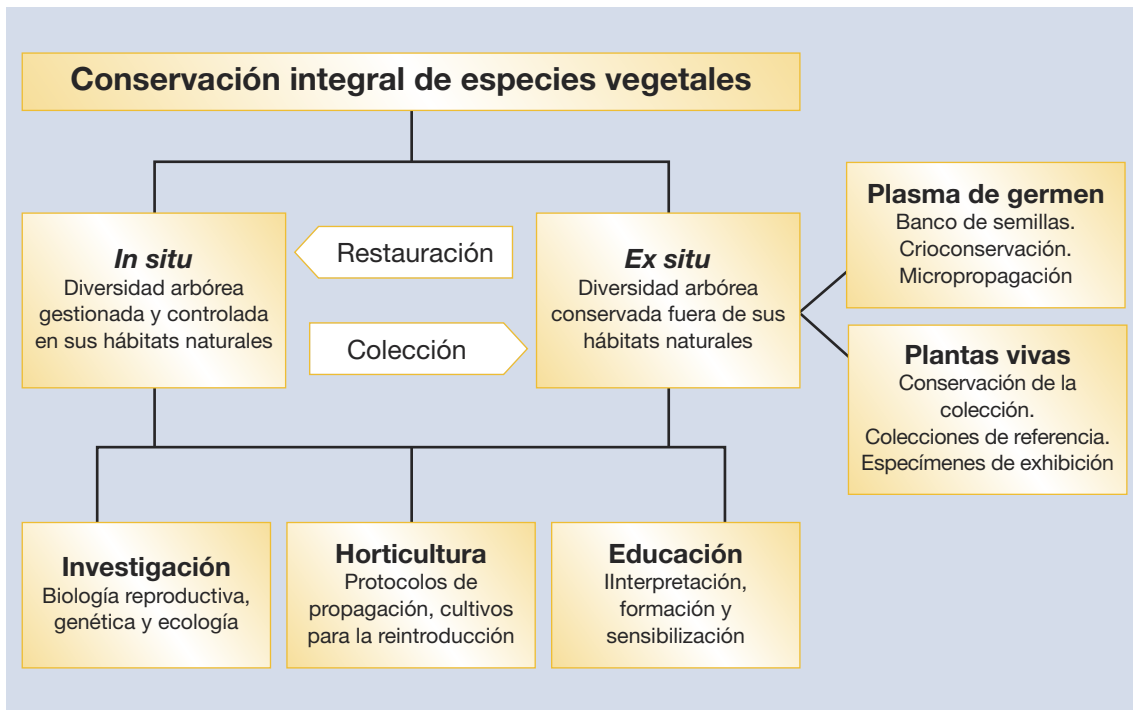


Ilustración 1. La conservación integral de especies vegetales combina planteamientos de conservación *in situ* (en su ubicación) y *ex situ* (fuera de su ubicación), en su objetivo de fomentar la supervivencia de las especies. La conservación *in situ* asegura que siempre haya material disponible para iniciativas de investigación, horticultura y educación, que en definitiva suponen un apoyo a las actividades de reintroducción para evitar que las especies se extingan. (Adaptado de Kramer *et al.*, 2011.)

Estudio de caso 6:

Incremento de las posibilidades de supervivencia de un eucalipto amenazado

El *Eucalyptus imlayensis*, conocido comúnmente como *mallee* del Monte Imlay, es una especie arbórea australiana rara en alto riesgo de extinción en su zona autóctona, Nueva Gales del Sur. Está clasificada como En peligro en la Ley sobre protección del medio ambiente y conservación de la biodiversidad de 1999 de Australia. Aunque aún no está incluida en la Lista Roja de la UICN, como sólo se conoce una única población de unos 80 árboles maduros, puede considerarse “Críticamente amenazada”.

Descrito por primera vez en 1980, el *Eucalyptus imlayensis* es endémico del Parque Nacional Monte Imlay, cerca del pueblo costero sudoriental de Eden, en Nueva Gales del Sur, donde ocupa menos de 4 m² de la ladera rocosa oriental de la cumbre del monte, a una altitud aproximada de 860 m. Su hábitat se describe como bosque escleroxerofítico herboso sobre suelo esquelético, cuyo tapiz vegetal está dominado por musgos; la población de eucaliptos está además rodeada por formaciones arbustivas cerradas de 3 m de altura (principalmente compuestas por *Leptospermum scoparium*).

Los estudios realizados por E.A. James y K.L. McDougall desde 1998 han mostrado un declive de la población de *Eucalyptus imlayensis*, tanto en términos de salud como de cantidad de ejemplares. A comienzos de 2001, una décima parte de esta población había perdido completamente su follaje y una tercera parte tenía más del 50 % de la copa muerta. Además, entre 2004 y 2007 no se ha registrado ninguna producción de frutos y desde 1998 no se han encontrado nuevos plantones ni pimpollos. No obstante, se sabe que se produce un número significativo de casos de reproducción por clonación somática a partir de grandes lignotubérculos.

El *Eucalyptus imlayensis* se enfrenta a varias amenazas identificadas y potenciales que abarcan factores genéticos y ecológicos, plagas y enfermedades. Sobre todo, su distribución geográfica extremadamente restringida, un número tan bajo de ejemplares maduros con un pequeño y limitado patrimonio genético y una reproducción sexual tan inestable, exponen gravemente a este eucalipto a los efectos de sucesos catastróficos, así como a alteraciones ecológicas menores o modificaciones en su hábitat. Además, el daño provocado por psilas desconocidas formadoras de agallas y una probable susceptibilidad al *Phytophthora cinnamomi* (un patógeno transmitido por el suelo que provoca la muerte progresiva) han afectado también de forma importante a esta especie de eucalipto. La frecuencia y severidad cada vez mayor de los períodos secos, que puede estar relacionada con el cambio climático, podría constituir también otra amenaza para esta especie.

Las prioridades de investigación para recuperar el *Eucalyptus imlayensis* incluyen análisis de las causas de las muertes de plantas y de los factores que afectan a la reproducción sexual, tanto *in situ* como *ex situ*, así como la investigación de distintos métodos de propagación y el uso de inoculación de fosfatos como tratamiento contra la muerte progresiva. Las medidas de recuperación y reducción del nivel de amenaza deben concentrarse en el control de la densidad de población (salud, progreso de la recuperación, efectos de las actividades de mantenimiento del hábitat) y en la implementación de protocolos de gestión, en el desarrollo de programas de recolección de semillas y en el establecimiento de colecciones de plantas vivas *ex situ*, en colaboración con jardines botánicos, así como en la sensibilización pública al respecto.

En 2007, la preocupación sobre el descenso de población de esta especie rara incitó al establecimiento de una colaboración entre la Oficina del medio ambiente y patrimonio (Gobierno de Nueva Gales del Sur) y los jardines botánicos nacionales de Australia, con financiación del Servicio australiano de parques nacionales y fauna y la ayuda de voluntarios. Se planteó un programa piloto de recuperación para aumentar y reforzar la población de *Eucalyptus imlayensis*. El proyecto tuvo que superar las dificultades logísticas de la recolección de semillas y la plantación de plantones, así como los problemas relacionados con la propagación y la atención posttratamiento.

La ubicación remota y el terreno escarpado y empinado del Monte Imlay hicieron que el acceso a los árboles resultara complicado. Se utilizaron equipos de recolección de semillas extensibles especializados para acceder a las situadas en árboles con una posición precaria en el borde de la cima de la montaña. Las semillas fueron recolectadas con la ayuda de los jardines botánicos nacionales de Australia y se propagaron en sus viveros en Canberra. En septiembre de 2011, 23 semillas se habían desarrollado con éxito y sus plantones estaban listos para ser replantados en su hábitat autóctono. La subvención financió el transporte de suministros por helicóptero hasta la cima de la montaña y la construcción de estaciones remotas higiénicas de lavado de botas para evitar la propagación de patógenos. Para asegurar las condiciones más favorables, los plantones han sido ubicados en distintos terrenos. Su desarrollo será controlado y asistido con la ayuda de voluntarios. Además, se recolectarán más semillas en septiembre de 2011 para otra posible plantación en 2012.

Fuente: Preparado por Ildiko Whitton con información del Departamento de sostenibilidad, medio ambiente, agua, población y comunidades (DSEWPC, por sus siglas en inglés) (2008) y de la Oficina de medio ambiente y patrimonio de Nueva Gales del Sur (NSW OEH, por sus siglas en inglés) (2011)

Estudio de caso 7:**Hacia una conservación integral de árboles frutales y de árboles de núculas en Kirguistán**

Como región reconocida por su enorme diversidad botánica en razas autóctonas, ecotipos locales y variedades silvestres de las plantas cultivadas, la República de Kirguistán de Asia Central ha sido siempre un país esencial para multitud de investigaciones botánicas y de esfuerzos de conservación, especialmente en los últimos treinta años. Hogar de unas 4100 especies de plantas vasculares, esta riqueza floral incluye también unas 130 especies de parientes silvestres de plantas cultivadas, económicamente importante, que se encuentran en la región kirguisa de Tien Shan, en particular varios árboles frutales y árboles de núculas. La explotación de madera y leña, el pastoreo y los incendios se han destacado como las principales causas que amenazan la supervivencia de muchas de estas especies y sus poblaciones.

Como parte de un proyecto altamente interdisciplinario financiado por el Instituto Darwin de Reino Unido entre 2009 y 2012, BGCI ha estado trabajando con el Jardín Botánico de Gareev, de la Academia nacional de las ciencias de la República de Kirguistán, para desarrollar campañas de divulgación. Estas se centran en la importancia de proteger las especies kirguisas de árboles frutales y de núculas, así como los ecosistemas de los que forman parte. A través de las actividades de Fauna & Flora International y de varios colaboradores kirguisos, se han empezado a hacer esfuerzos para mejorar la conservación *ex situ* de especies de árboles frutales y de núculas, así como para preparar su potencial reintroducción en áreas silvestres.



Bosque de nogal en Kirguistán. (J. Gratzfeld)

La falta de instalaciones, recursos y capacidad de gestión han obstaculizado el desarrollo y la capacidad de divulgación medioambiental del Jardín Botánico de Kirguistán en los últimos años. Este proyecto supone pues un importante reto para la región en su conjunto. Existe por lo tanto todavía un enorme margen para mejorar las capacidades administrativas e institucionales en Asia Central, para aumentar la sensibilización y divulgación medioambiental, así como para reforzar el interés y la participación en programas de conservación.

Como en otros lugares del mundo, Kirguistán está llevando a cabo varias iniciativas de investigación y conservación *ex situ* a través de las colecciones de plantas vivas y bancos de germoplasma, especialmente para especies económicamente importantes y sus parientes silvestres. Las colecciones de conservación de plantas vivas *ex situ* son mantenidas principalmente por el Jardín Botánico de Gareev de la Academia de las ciencias de la República de Kirguistán, que cuenta con una amplia colección de variedades de árboles frutales, en particular de manzanos, perales y ciruelos. También hay distintas variedades silvestres de las plantas cultivadas, incluyendo *Malus niedzwetzkyana*, *M. sieversii*, *Armenica vulgaris* y *Prunus sogdiana*. En colaboración con BGCI, se han realizado campañas de divulgación y se ha desarrollado la capacidad del personal del Jardín Botánico de Gareev. Se han creado materiales promocionales, así como una exposición de interpretación de los bosques kirguisos de árboles frutales y de núculas, incluyendo ocho paneles específicos de especies y una pantalla que describe los objetivos de conservación de esta iniciativa. La exposición proporciona información sobre el uso de las especies, su distribución y su estado de conservación en tres idiomas. Este proyecto también ha impartido a varias

instituciones kirguisas, formación y capacitación para la conservación, tanto *in situ* como *ex situ*, de especies de árboles frutales y de núculas, incluyendo estudios nacionales de poblaciones silvestres, promoción de la gestión participativa de bosques autóctonos y fomento de la recolección y cultivo de material vegetal.

Fuente: Joachim Gratzfeldt, BGCI

4. Una guía paso a paso para la conservación integral de especies arbóreas

Como ya se ha señalado anteriormente, la conservación integral de las especies vegetales es un proceso por pasos, que incluye tanto planteamientos *in situ* como *ex situ*. La elección de las medidas de conservación más apropiadas en cada caso particular dependerá de las especies, ubicaciones, tipos de ecosistemas autóctonos y recursos disponibles. Para que un planteamiento de este tipo resulte efectivo, hay que diseñarlo cuidadosamente, abordando las necesidades particulares y cada situación específica. Por lo tanto, este manual no puede pretender aportar una prescripción detallada para cada problema específico de conservación. Nuestra intención consiste más bien en ofrecer una orientación general en forma de un marco estratégico flexible que pueda ser potencialmente adaptable a cualquier situación. Aportamos también toda una serie de estudios de casos, para ilustrar cómo implementar este marco estratégico en la práctica. Aunque conviene insistir en que la información aquí presentada debe considerarse más un punto de partida que un protocolo estricto. La conservación es más un arte que una ciencia (Newton, 2007), así que existe un amplio margen para la innovación y la creatividad a la hora de buscar soluciones viables y prácticas a los problemas planteados.

El proceso general de conservación de una especie amenazada puede desglosarse en tres grandes etapas (Wilcove, 2010):

- (i) identificar las especies amenazadas;
- (ii) determinar e implementar medidas a corto plazo para detener el declive de la especie y asegurar su recuperación; y
- (iii) determinar e implementar medidas a largo plazo para reconstruir poblaciones viables.

Todo el proceso de conservación depende de un diagnóstico acertado de porqué una especie particular ha entrado en declive o se halla amenazada; la falta de un diagnóstico preciso en este sentido puede conllevar pues el fracaso de las medidas de conservación. Desafortunadamente, tal diagnóstico no siempre es fácil de conseguir, pues puede haber numerosos factores responsables interactuando (Sutherland, 2000). Más adelante, presentaremos algunos métodos para la identificación de las amenazas a especies vegetales.

La presente guía está diseñada para facilitar la labor a un jardín botánico que desee implicarse en actividades de conservación integral, centradas en una o más especies arbóreas. Hay que tener en cuenta que la perspectiva de un jardín botánico seguramente difiera de una ONG ecologista, de un organismo estatal o de una comunidad

local, cuyas prioridades y formas de trabajar pueden resultar muy dispares. Pero, en última instancia, las medidas de conservación sólo resultarán exitosas si se acometen en colaboración con todos los implicados, por lo que uno de los primeros pasos debería consistir en desarrollar buenas relaciones de trabajo con otras organizaciones e interesados que compartan un interés común. Los jardines botánicos pueden desempeñar un papel destacado en el establecimiento de dichas colaboraciones –asegurándose comprensión y apoyo público–, así como en la identificación de las medidas prioritarias.

La guía presentada a continuación está organizada siguiendo una serie de pasos específicos, aunque en realidad el proceso debería ser flexible, en función de la información obtenida durante el desarrollo del mismo. Se trata de los siguientes cuatro pasos:

1. Paso 1: Identificación de las prioridades de actuación.
2. Paso 2: Planificación e implementación de la conservación *ex situ*.
3. Paso 3: Planificación e implementación de un programa de reintroducción.
4. Paso 4: Desarrollo e implementación de una estrategia de conservación a largo plazo.

4.1 Paso 1: Identificación de las prioridades de actuación

Uno de los principios fundamentales de toda planificación de un proyecto de conservación consiste en que los recursos siempre son limitados, por lo que hay que decidir en qué taxones conviene concentrar los esfuerzos. Toda actuación debe ser pues cuidadosamente planificada y valorada en función de las necesidades y objetivos. No son decisiones fáciles e, inevitablemente, van a reflejar los intereses particulares de las personas implicadas, así como las diversas valoraciones concedidas a cada taxón particular por los diversos grupos. Algunas especies, por ejemplo, pueden gozar de una alta prioridad por su excepcional valor cultural o económico, mientras que otras por su importancia ecológica. Maunder *et al.* (2004a) proponen que la selección de especies amenazadas para un programa de gestión *ex situ* se realice atendiendo una serie de factores que incluyen: el nivel de amenaza, las responsabilidades legales e institucionales, la probabilidad de reintroducción exitosa, la relación coste-eficacia, cuestiones sociales y económicas y preferencias según las colecciones. Estos autores también proponen el criterio de las “cinco Es”, ofreciendo así una metodología sencilla para ayudar a identificar las especies prioritarias (Maunder *et al.*, 2004a):

- **Las más Expuestas:** elegir las especies más expuestas a la amenaza de extinción que necesitan el respaldo de colecciones *ex situ*.
- **Las más Endémicas:** que representen variedades únicas en el ámbito local o regional.
- **Las Económicamente más importantes:** que aporten mayores recursos económicos y sociales, locales o regionales, como por ejemplo las plantas medicinales.
- **Las Ecológicamente más importantes:** que desempeñen un papel relevante en el mantenimiento de los procesos ecológicos o que faciliten la restauración del hábitat.
- **Las más Emblemáticas:** que puedan convertirse en símbolos para la promoción de la conservación del paisaje y del hábitat.

Como señalan Maunder *et al.* (2004a), otro criterio relevante para seleccionar los taxones prioritarios consiste en su *posición filogenética*. En otras palabras, ¿hasta qué punto el taxón en cuestión es el único representante de un linaje de larga evolución o es sólo una subespecie resultante de una reciente diversificación de una especie muy nutrida? En términos de su contribución a la diversidad genética, resulta muy diferente perder diez especies de un mismo grupo y estrechamente relacionadas a perder diez familias o géneros monotípicos (Maunder *et al.*, 2004a).

Generalmente, las decisiones sobre qué especies deberían recibir prioridad en cuanto a la conservación suelen tomarse a escala nacional, un principio apoyado por el CDB. Sin embargo, se está incrementando la colaboración internacional para la salvación de especies arbóreas mundialmente amenazadas; este mismo manual contiene algunos ejemplos de valiosos intercambios de conocimientos y materiales. En caso de plantearse la posibilidad de ayudar a restaurar una especie arbórea fuera del propio país, es importante tener en cuenta los principios de Acceso y Participación en los Beneficios (APB), como se subraya en el Anexo 2.

Para facilitar la priorización de las medidas de conservación y restauración, existe una serie de instrumentos que permiten identificar aquellas especies amenazadas y comprender las circunstancias que han conducido a semejante nivel de amenaza. Esta información constituye el primer paso necesario para determinar no sólo qué especies presentan mayor necesidad de intervención, sino también cuáles son susceptibles de beneficiarse más de cada tipo de iniciativa de conservación. Para ayudar a identificar las especies más amenazadas en su región, hay disponibles los siguientes recursos:

- La Lista Roja de la UICN (<www.iucnredlist.org>) constituye la fuente de información disponible más sólida y fiable sobre la situación de conservación global de las especies. Actualmente, esta lista incluye aproximadamente 6200 especies arbóreas. El Grupo

de Especialistas en Árboles de la UICN está elaborando nuevas evaluaciones, con el objetivo de cartografiar y valorar el estado de conservación de todas las especies arbóreas para 2020. También se puede acceder a información sobre el estado de conservación de algunos grupos aún no incorporados en la Lista Roja de la UICN en la siguiente dirección: <www.globaltrees.org>.

- En algunos casos, para priorizar en base al grado de amenaza, conviene acudir a evaluaciones nacionales más que a valoraciones globales; en <www.nationalredlist.org> se pueden encontrar listas nacionales de especies amenazadas. También existen numerosas otras fuentes de información de organismos estatales y ONG específicas de cada país, sobre la situación de conservación de especies vegetales, incluyendo los Libros Rojos nacionales y otros listados al respecto.
- La importancia local de una especie puede suponer un fuerte motivación para su conservación, especialmente ahí donde esta sea muy valorada por sus usos o por su importancia cultural. La información sobre los valores locales y tradicionales atribuidos a una especie vegetal puede parecer anecdótica, pero es importante no subestimarla en nuestras consideraciones sobre las medidas de conservación, especialmente si está estrechamente vinculada a los hábitos y medios de vida locales. Las percepciones sobre la escasez de una especie basadas en el descenso de su disponibilidad como recurso para la población local van a tener más peso para esta que cualquier evaluación formal de conservación.
- BGCI pone a disposición de las instituciones que cultiven colecciones vegetales (plantas vivas, bancos de semillas y de otros tipos de plasmados de germen) la base de datos PlantSearch, como un medio para conocer, de forma rápida y fácil, el estado de conservación de especies vegetales en colecciones específicas, incluyendo información sobre la evaluación de la UICN, sobre su situación en estado silvestre, sobre amenazas regionales, así como la cantidad de otras instituciones que conservan dicha especie en sus colecciones. Este servicio gratuito se halla disponible en línea en: <<http://www.bgci.org>>.

En aquellos casos en que las listas de especies arbóreas amenazadas escaseen o resulten inadecuadas, los Jardines botánicos pueden desempeñar un papel importante ofreciendo valoraciones sobre su estado de conservación. Muchos de los componentes del Grupo de Especialistas en Árboles de la UICN son a la vez miembros de jardines botánicos, por lo que suelen hallarse muy bien situados para llevar a cabo evaluaciones de conservación, debido a su conocimiento del terreno y a su acceso a colecciones y herbarios. Los mapas de distribución elaborados a partir de estos datos pueden pues resultar

Estudio de caso 8:

*El regreso de la especie **Sophora toromiro** a su medio silvestre*

El *Sophora toromiro* o toromiro es un árbol leguminoso endémico de la remota Isla de Pascua (Rapa Nui), un pequeño afloramiento volcánico en el Océano Pacífico, a 3700 km al oeste de Chile. El árbol tiene una gran importancia cultural, histórica y biológica para los isleños polinesios que valoran mucho su madera (por ejemplo, para tallar estatuillas religiosas) y perciben su reintroducción como una forma de recuperar parte de su patrimonio. La especie está incluida en la Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas como "Extinta en estado silvestre" y sobrevive sólo en cultivo, principalmente en los jardines botánicos de Australia, Chile y Europa. A pesar de los repetidos fracasos sufridos en las últimas décadas en la reintroducción del toromiro en su hábitat natural, hace poco se han retomado estos esfuerzos.

Un siglo después de la primera descripción del toromiro en 1774, se produjo una drástica merma de su población tras el asentamiento humano en la isla y la introducción de ganado. Los bosques naturales de este árbol resultaron diezmados por las talas de los pobladores, interesados por su valiosa y polivalente madera, así como por el ganado, muy goloso de su corteza. En 1917 se encontró un único ejemplar superviviente que crecía en el cráter Rano Kau, que sobrevivió hasta 1962, año en el que se cortó para hacer leña. La tala de bosques y las actividades agropecuarias transformaron pues totalmente la ecología de la isla, destruyendo el toromiro y su hábitat natural.

Las semillas recolectadas por expediciones a la isla proporcionaron el material para las primeras plantas cultivadas registradas a principios del siglo XX. Los ejemplares de origen conocido que existen actualmente son descendientes de semillas recolectadas por Thor Heyerdahl en 1958 y se encuentran fundamentalmente en jardines botánicos. También hay varias plantas de toromiro de origen no confirmado, principalmente en colecciones privadas. Por tanto, los ejemplares supervivientes presentan una diversidad genética muy limitada e incluso algunos pueden resultar congéneres incorrectamente identificados o ejemplares que han sufrido hibridación mediante polinización libre.

Esta dudosa fiabilidad genética de los cultivos de toromiro y su correspondiente escaso valor de conservación, constituyeron algunos de los principales obstáculos a los que tuvieron que enfrentarse los jardines botánicos que participaron en las iniciativas anteriores de conservación, desarrolladas en los años ochenta y noventa. Como respuesta, se ha establecido un directorio mundial de cultivos de toromiro, con datos asociados de "huellas dactilares" genéticas. La identificación de ejemplares genuinos de *Sophora toromiro* sigue siendo una cuestión crucial para los esfuerzos de conservación de esta especie. Científicos chilenos de la Universidad Católica de Chile y de Forestal Mininco, una empresa de conservación y desarrollo forestal, notificaron, en el IVº Encuentro de Biología Vegetal en Chile (2011), la reciente validación molecular de más de 20 ejemplares de una muestra de control procedente de un árbol de *Sophora toromiro* del Museo de Historia Natural de Santiago.

Los métodos de propagación empleados para el árbol de toromiro incluyen la germinación de semillas, la propagación vegetativa a partir de esquejes y la micropropagación. Como las semillas de toromiro son recalcitrantes y las plantas tienen un crecimiento muy lento, el desarrollo de técnicas de micropropagación exitosas para esta especie se ha convertido en una tarea cada vez más importante. Los resultados de los últimos experimentos de propagación in vitro parecen ser muy prometedores. No obstante, la disponibilidad muy limitada de material vegetal supone un obstáculo significativo para los experimentos y futuros proyectos de reintroducción. El problema no es sólo que existan en todo el mundo menos de 10 ejemplares formalmente reconocidos de *Sophora toromiro*, sino que además algunos pueden estar llegando al final de su vida productiva.

La baja tasa de supervivencia de los ejemplares reintroducidos en proyectos anteriores (como fue el caso, p. ej., de una población de 150 ejemplares en 1995) se ha achacado al fracaso en la nodulación de las raíces de las plántulas debido a la falta de bacterias fijadoras de nitrógeno. Los árboles de toromiro mantienen una relación simbiótica con estos organismos para sobrevivir y su ausencia conduce a carencias de nutrientes y a una exposición a ataques de nematodos de las raíces. Este requisito biológico hace que tanto la propagación como el restablecimiento de estas plantas en un entorno significativamente alterado resulte muy complicado.

Así pues, la avanzada degradación del suelo de la Isla de Pascua sigue siendo uno de los principales problemas a los que se enfrenta el proyecto actual de reintroducción. Parecen haberse superado, no obstante, tanto la preocupación de los colaboradores internacionales en los proyectos anteriores por las percepciones y opiniones de los isleños, como la insuficiente infraestructura para proyectos de conservación. El proyecto actual está liderado por un equipo chileno de científicos, cuenta con el compromiso activo de los isleños y está siendo supervisado por el Director cultural de Isla de Pascua. El lema del proyecto es: "un Rapa Nui, un Toromiro", lo que supone plantar unos 5000 árboles para igualar el número de isleños; se comenzará con 3000 ejemplares a finales de 2011. Los estudiantes jóvenes están recibiendo formación sobre el cuidado de los toromiros, implicándose en la plantación de 1500 ejemplares que se conservan en un vivero temporal creado específicamente en la isla. El progreso de las plantas reintroducidas se controlará con la ayuda de voluntarios y se gestionará a través de una página web específica. El interés y la participación de la población local se perciben como la clave para el éxito esperado del proyecto actual.

El caso del toromiro subraya la importancia de las colecciones ex situ y de aplicar un enfoque integral en los proyectos de reintroducción, lo que supone la colaboración entre instituciones relevantes (p. ej., entre jardines botánicos, autoridades medioambientales, institutos científicos y comunidades de las áreas protegidas), junto con una consideración de los requisitos sociales y económicos, así como ecológicos.

Fuente: Preparado por Ildiko Whitton con información de Montero (2011) y el catedrático Patricio Arce (in litt.)



Practicando la propagación de *Rhododendron* en el Jardín Botánico de Cibodas. (BGCI)

útiles para las evaluaciones de conservación, así como ayudar a identificar especies endémicas regionales y nacionales. Si usted está interesado en llevar a cabo evaluaciones de conservación de especies arbóreas, no dude en contactar con este Grupo de Especialistas en Árboles de la UICN, para obtener información y apoyo.

A la hora de considerar cómo priorizar las actuaciones en relación con una especie arbórea particular, también resulta útil considerar el papel desempeñado por esta en su ecosistema natural. Existen especies clave que resultan ecológicamente cruciales, en el sentido de que su impacto sobre una comunidad o ecosistema es desproporcionadamente muy elevado en relación con su abundancia (Newton, 2007). Es el caso, por ejemplo, de especies arbóreas dominantes en la cobertura forestal o de aquellas que suponen una importante fuente de alimentación para determinadas especies animales, como numerosas palmeras tropicales. Muchas especies arbóreas pueden pues ser candidatas a proyectos de conservación *ex situ* simplemente por asegurar recursos alimenticios o de hábitat a otras especies que se pretende conservar, como determinadas aves o mamíferos. Por ejemplo, las especies afromontanas de *Prunus africana* (véase el Estudio de caso 1) resultan una importante fuente de alimentación para algunas aves endémicas como el turaco de Bannerman o el bulbul montaraz de Camerún, o para primates endémicos como el cercopiteco de Preuss (Cunningham y Mbenkum, 2003).

4.2 Paso 2: Planificación e implementación de la conservación *ex situ*

4.2.1 Identificación de colaboradores

Una vez decididas las especies arbóreas que van a ser objetos de conservación, lo siguiente a hacer consiste en buscar colaboradores adecuados para el proyecto. Los estudios de casos incluidos en este manual ilustran la crucial importancia de seleccionar a los colaboradores más idóneos en términos de capacidades y de influencia institucional, a fin de poder

incrementar las posibilidades de éxito. En el ámbito de la conservación se da un margen bastante amplio de posibles interacciones colaborativas entre los diversos sectores implicados en el mismo, como por ejemplo con el sector de servicios forestales, institutos de investigación, otros jardines botánicos y las comunidades locales. Además, cada caso particular puede requerir la identificación de otros tipos de colaboradores, como los propietarios, públicos o privados, de las tierras donde se ubican las especies en cuestión, instituciones académicas que puedan resolver o colaborar en temas de investigación, otros organismos estatales u ONG que puedan aportar su experiencia y saberes. Si se pretende desarrollar un proyecto internacional, el primer paso esencial consiste en hallar una institución colaboradora en el país de destino del mismo.

La base de datos GardenSearch, de BGCI (2011b), puede ayudar a identificar a colaboradores potenciales dentro de la comunidad de jardines botánicos, así como a poner en contacto instituciones que buscan una serie de recursos o de saberes de investigación, conservación y formación. Actualmente, por ejemplo, el GardenSearch tiene registradas 228 instituciones en todo el mundo que mantienen bancos de semillas, otras 228 que informan de que mantienen programas de conservación de especies vegetales y 124 instituciones que llevan a cabo programas de investigación y restauración ecológica. En lo referente a la localización de conocimientos hortícolas especializados en determinadas especies, así como de posible material *ex situ*, esta base de datos en línea de BGCI (2011b) puede constituir un provechoso punto de partida. Permite además a sus usuarios identificar el estado de conservación de diversas especies arbóreas, junto con información de cuáles de ellas están registradas en colecciones de jardines botánicos. PlantSearch también permite a los usuarios enviar “a ciegas” peticiones de información a todos los jardines botánicos (cuyas colecciones específicas vienen indicadas), para lograr identificar a colaboradores potenciales, datos relevantes sobre las especies, así como posible material vegetal. Además, en el caso de algunos géneros de plantas leñosas, se aportan análisis más detallados que ayudan a identificar colecciones *ex situ* de las mismas. Por ejemplo, se pueden hallar datos sobre *Acer*, *Magnolia* y *Quercus* en: <www.bgci.org/ourwork/globaltrees>.

4.2.2 Selección de técnicas *ex situ*

Los planteamientos *ex situ* suelen incluir bancos genéticos de campo y cultivos *in vitro*, rodales o bancales de conservación, colecciones vivas en jardines botánicos y bancos de semillas (convencionales o criogénicas) (De-Zhu y Pritchard, 2009). Para implementar con éxito estos planteamientos, se puede acudir a toda una variedad de diferentes técnicas; la selección de una específica va a depender de los recursos y capacidades disponibles, de las características de la especie y del problema de

Estudio de caso 9:

Valoración de la propagación de nueve especies amenazadas de coníferas australes en el Real Jardín Botánico de Tasmania

El Real Jardín Botánico de Tasmania (RTBG, por sus siglas en inglés) tiene una extensión de aproximadamente 14,5 ha y un clima templado frío. Su colección se centra en la flora de Tasmania y en otra flora asociada al hemisferio austral. Así pues, entre 1998 y 2003 el RTBG aceptó gustosamente grandes donaciones de especies de este hemisferio, la mayoría procedentes de recolecciones silvestres. Nueve de ellas eran coníferas amenazadas a escala global:

- *Acmopyle sahniana* (“Críticamente amenazada”)
- *Afrocarpus usambarensis* (“Vulnerable”)
- *Fitzroya cupressoides* (En peligro)
- *Libocedrus chevalieri* (“Críticamente amenazada”)
- *Libocedrus yateensis* (En peligro)
- *Neocallitropsis pancheri* (En peligro)
- *Pilgerodendron uviferum* (“Vulnerable”)
- *Podocarpus salignus* (“Vulnerable”)
- *Widdringtonia schwarzii* (“Vulnerable”)

Las coníferas consistían fundamentalmente en una colección sembrada en macetas. Con el fin de mantener la colección en el tamaño y espacio disponibles, se llevaron a cabo programas de propagación en 2004-2005, así como en 2008 y 2011 (aunque no necesariamente en cada uno de estos programas se propagaban simultáneamente las nueve especies de la lista). En algunos casos, entre 2004 y 2012, la salud y el vigor de algunas plantas originales fueron decayendo, mientras permanecían en las macetas más grandes disponibles. En la mayoría de los casos, sólo se pudo conseguir un pequeño número de esquejes, pues la mayor parte del material parental en maceta no alcanzaba tres metros de altura, por lo que no disponía de mucho material adecuado para esquejes.

Se extrajeron varios tipos de esquejes, usando tanto el Clonex Purple Gel de Growth Technology (cuyo principio activo es el ácido indolbutírico 3g/L) como el Clonex Red Gel (cuyo principio activo es el ácido indolbutírico 8g/L). Los tipos de esquejes fueron:

1. Esqueje de leña semidura, con nudo de leña dura; tallo terminal o ascendente con un poco de madera dura en el extremo basal.
2. Esqueje de leña semidura o rama semileñosa desarrollada ese mismo año.

3. Esqueje semileñoso lateral; brote lateral (no se suele usar como material de corte porque la planta subsiguiente crece oblicuamente).
4. Esqueje lateral con talón; realizado normalmente en tallos terminales o ascendentes, para maximizar el número de esquejes.
5. Esqueje pelado; retirando hasta 5mm de corteza en el extremo de la base.

Los esquejes que tenían el tejido del cámbium expuesto (esquejes laterales con talón y esquejes con rasgadura) tuvieron más éxito. De los 8 esquejes con rasgadura, 7 tuvieron una tasa de éxito del 57 % ó superior, 2 de ellos alcanzando el 100 %. El promedio de éxito fue del 73 %, siendo el esqueje de leña dura con rasgadura el menos exitoso y el esqueje de leña semidura con rasgadura y nudo levemente más exitoso que el esqueje de leña semidura. Sólo se extrajo un grupo de esquejes con talón, que obtuvo una tasa de éxito del 75 %, pero debido al escaso tamaño de la muestra, las conclusiones no resultan representativas. En cuanto a los esquejes de leña semidura, sólo se extrajo un grupo sin rasgadura, que obtuvo una tasa de éxito del 66,6 %, pero debido de nuevo al escaso tamaño de la muestreo, estas conclusiones tampoco pueden considerarse representativas. Los esquejes laterales presentaron un promedio de éxito del 62 %. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esto es sólo un ejercicio académico, puesto que los esquejes laterales producen árboles oblicuos!, por lo que sólo deben realizarse en casos de extrema necesidad. Los esquejes de leña dura tuvieron menor, con una media del 41,5 %.

En conclusión, las observaciones sobre la propagación de tales especies han revelado que se requiere más trabajo para asegurar un máximo de éxito. Por ejemplo, conviene mantener los esquejes el mayor tiempo posible en envases cerrados (como cubos de plástico dados la vuelta para cubrir las bandejas de esquejes), pues las observaciones parecen evidenciar que una mayor tasa de humedad beneficia a su salud, en comparación con aquellos que se dejan en un entorno abierto y húmedo. No obstante, este breve estudio de caso muestra que se puede conseguir un éxito razonable empleando técnicas convencionales de propagación.

Fuente: Datos reunidos por Megan Marrison en colaboración con Lorraine Perrins, Conservadora de Conservation Collections and Subantarctic Flora y Simon Marshall, estudiante de horticultura en prácticas en el RTBG.



Arriba: Cortes de coníferas en un contenedor cerrado en el Real Jardín Botánico de Tasmania (RTBG).

Derecha: Flor de *Magnolia yarumalensis*. (A. Cogollo)



Árbol remanente de *Magnolia yarumalensis*. (W. Buitrago)

Estudio de caso 10:

Implicación de los lugareños en proyectos de restauración arbórea en Colombia



BGCI ha estado promoviendo la restauración de variantes *Magnolia* spp. amenazadas en Colombia, colaborando con los jardines botánicos locales y realizando talleres para fomentar la implicación de las comunidades locales. Uno de los resultados más

útiles de dichos talleres ha sido la identificación de personas clave en las comunidades locales, pues los conocimientos de los lugareños no sólo pueden contribuir enormemente a nuestra comprensión de la distribución y ecología de las especies amenazadas, sino que también pueden facilitar nuestras investigaciones sobre restauración y rehabilitación de las poblaciones silvestres.

Por ejemplo, en uno de estos talleres comunitarios, uno de los participantes era un granjero que también vendía madera de diversas especies, entre ellas de la *Magnolia yarumalensis*, considerada En peligro. A lo largo de los últimos diez años, se había dedicado a localizar en el bosque y a recolectar plantones de esta especie de magnolia amenazada, llevándolos a su vivero y haciéndolos crecer ahí. La investigación ex situ llevada a cabo en 2008 por BGCI sólo había identificado un único jardín botánico que cultivara esta magnolia particular. Cuando los plantones alcanzaban unos 30 cm, el granjero los replantaba en el bosque, en una serie de ubicaciones donde podía localizarlos y facilitar su desarrollo en los primeros años. El éxito de este esfuerzo individual, desplegado por la iniciativa propia de una única persona con recursos mínimos, demuestra claramente que es técnicamente posible una restauración más amplia de las poblaciones silvestres de *M. yarumalensis*.

No obstante, este trabajo de sensibilización de las comunidades locales desarrollado por BGCI sólo resuelve parcialmente las enormes presiones de pérdida de hábitat, que es necesario afrontar para asegurar la supervivencia a largo plazo de las poblaciones silvestres que aún quedan y de los árboles reintroducidos.

Fuente: Gibbs, 2010

conservación en cuestión, así como de la relación coste-eficacia de la técnica elegida (véase el Cuadro 1). A continuación, pasamos a resumir los puntos fuertes y los puntos débiles de algunas técnicas, basándonos en Maunder *et al.* (2004a).

Crioconservación: Semillas, polen o tejidos almacenados en estado de congelación en nitrógeno líquido. Esta técnica es idónea para el almacenamiento a largo plazo de material vegetal, pero requiere una sustancial inversión económica, así como la asistencia de técnicos especializados y reservas de nitrógeno líquido.

Bancos de semillas: Las semillas son almacenadas en condiciones de baja humedad y baja temperatura. Esta técnica se utiliza rutinariamente para semillas ortodoxas de especies silvestres, para las cuales resulta un método altamente eficaz. En cuanto a instalaciones, estas pueden variar de recipientes a pequeña escala (herméticamente aislados mediante gel de sílice), hasta congeladores o incluso grandes cámaras de bancos genéticos.

Almacenamiento de cultivos de tejidos: El tejido somático es almacenado *in vitro*, en condiciones de desarrollo lento y de control de temperatura y luz. Esta técnica resulta muy eficaz para la conservación de material durante períodos cortos, pero exige una significativa inversión económica inicial, así como la asistencia de personal especializado y la adquisición de material de laboratorio. Por ello, resulta más útil como técnica de propagación que de almacenamiento, pudiendo sustituirse a largo plazo por la crioconservación.

Propagación de cultivos de tejido: Propagación *in vitro* de tejidos somáticos y semillas. Esta técnica sirve para lograr la proliferación de plantas clónicas y para la producción controlada de semillas. Resulta eficaz para la propagación de material difícil de conseguir (p. ej., pequeñas cantidades de tejido vegetativo, semillas inmaduras), pero exige una inversión inicial significativa, así como la asistencia de técnicos especializados y la adquisición de material de laboratorio.

Cultivos en instalaciones específicas de conservación: Las plantas son cultivadas siguiendo un régimen hortícola específico, con el objetivo de desarrollar y propagar especies amenazadas. Requiere establecer las condiciones necesarias para minimizar la selección artificial, la hibridación y las plagas. Suele tratarse de una iniciativa diseñada para el corto plazo, para producir material de cara a actividades de recuperación, pero también puede servir para acumular material y semillas a largo plazo.

Cultivos especializados en entornos controlados: Las plantas son cultivadas en entornos artificiales (p. ej., en invernaderos climatizados). Requiere una elevada inversión hortícola y los límites de espacio suelen afectar negativamente a una adecuada representación genética.

Cultivos de muestrario o para colecciones de referencia: Las plantas cultivadas pasan a formar parte de colecciones de referencia en entornos en condiciones ambientales adecuadas. La mayor parte de las plantas de los jardines botánicos se mantienen en este tipo de colecciones, que giran en torno a la representación taxonómica y a la exhibición hortícola. Este método presenta, sin embargo, elevados riesgos de selección artificial, hibridación, deriva genética y transmisión de plagas.

Banco genético de campo: Plantación extensiva al aire libre, con el fin de mantener la diversidad genética; se trata de un método frecuentemente usado con las especies arbóreas, especialmente con aquellas que poseen un alto valor económico. El acondicionamiento de extensos terrenos con este fin permite mantener una amplia representación genética, pero supone una inversión hortícola a muy largo plazo, con prolongados costes de mantenimiento. Presenta también importantes riesgos de hibridación entre variedades y taxones.

Cultivos comerciales: Cultivos hortícolas o forestales lucrativos, cuya gestión se ve pues sometida a los dictados de las presiones comerciales, que no suelen prestar demasiada atención a la gestión genética ni al control del origen de las plantas. No obstante, este método puede permitir el desarrollo de una gran cantidad de especímenes de taxones amenazados que pueden ser empleados para proyectos de restauración y reforestación, alentando así el cultivo de taxones autóctonos y reduciendo, muy posiblemente, la presión sobre las poblaciones silvestres.

Jardines comunitarios: Cultivos de plantas en parcelas mantenidas por vecindarios o comunidades. La gestión depende estrechamente de las necesidades comunitarias locales y de los recursos disponibles, lo que no suele permitir prestar demasiada atención a la gestión genética ni al control del origen de las plantas. Resultan eficaces para el mantenimiento de recursos vegetales valiosos, pero conllevan un alto riesgo de selección artificial.

Cultivos *inter situ*: Cultivos cercanos a las condiciones naturales, como poblaciones gestionadas en áreas con vegetación seminatural restaurada. Esta técnica permite mantener poblaciones de especies vegetales amenazadas, cuando su hábitat natural se halla ampliamente degradado. Admite métodos de gestión hortícola o forestal en condiciones seminaturales, como la retirada de malas hierbas o la instalación de vallas protectoras.

Gestión hortícola *in situ*: Las plantas silvestres admiten ciertas técnicas propias de una gestión hortícola especializada, como la polinización manual controlada. Este método permite la gestión hortícola, genética y demográfica de taxones amenazados, sin los riesgos inherentes al trasplante de especímenes o de propágulos a instalaciones *ex situ*.

Estudio de caso 11:**Desarrollo de nuevas técnicas para conservar robles críticamente amenazados en colecciones *ex situ***

Para las especies de robles, los bancos de semillas no constituyen una opción de conservación *ex situ*, pues las bellotas son recalcitrantes. Las técnicas de micropropagación y de crioconservación tampoco resultan viables como opciones de desarrollo de colecciones *ex situ*, pues los robles son muy complicados de propagar por otros medios que no sean sus semillas, debido a su alto contenido en taninos. Lo que explica que la mayoría (por no decir que todas) de las actuales colecciones *ex situ* de robles sean colecciones vivas, con un cuestionable valor de conservación.

Para abordar este problema, BGCI de Estados Unidos ha emprendido un proyecto conjunto con el Servicio forestal estadounidense, el parque zoológico de Cincinnati, el jardín botánico del Center for Research of Endangered Wildlife y el programa de posgrado de Longwood, para investigar la conservación de las colecciones vivas actuales de cuatro especies amenazadas de robles. El proyecto incluye también investigaciones para mejorar las opciones de conservación *ex situ* de las especies objeto de estudio y de otros robles amenazados en todo el mundo. Las especies elegidas han sido: *Q. acerifolia* (En peligro), *Q. arkansana* ("Vulnerable"), *Q. boyntonii* ("Críticamente amenazada") y *Q. georgiana* ("En peligro"). Entre otros factores de riesgo, la supervivencia de estas especies se ve cada vez más amenazada por una combinación de presiones relacionadas con el cambio climático y con la propagación de la enfermedad conocida como "muerte súbita del roble" (*Phytophthora ramorum*), lo que convierte a las colecciones *ex situ* en una prioridad esencial en términos de conservación.



Colección de datos de campo de *Quercus georgiana*. (A. Kramer)



Quercus georgiana. (A. Kramer)

Los miembros del proyecto trabajan con aquellos jardines botánicos y arboretos que mantienen colecciones vivas de estas especies en Estados Unidos, para llevar a cabo estudios genéticos y ensayos de micropropagación. Se ha recurrido a la base de datos de BGCI PlantSearch para localizar dichas colecciones *ex situ*. Los objetivos del proyecto consisten:

Identificar la diversidad genética de las poblaciones silvestres y de las colecciones vivas, con el fin de elaborar recomendaciones que incrementen el valor de conservación para estas especies de las colecciones vivas *ex situ*, acudiendo a formas de planificación más colaborativas.

Determinar protocolos de micropropagación de estos taxones, recurriendo a material ofrecido por los jardines botánicos y arboretos que mantienen colecciones de estas especies. Si dichos protocolos resultaran exitosos, la crioconservación de material vegetal se convertiría en una nueva opción válida de conservación a largo plazo.

Difundir el programa para que pueda ser utilizado como parte de las actividades divulgativas de las colecciones, promoviendo así la proyección pública del importante papel desempeñado por los jardines botánicos en el apoyo a la investigación y conservación de especies amenazadas de robles.

Fuente: Kramer y Pence (2012)

Tipos de colecciones <i>ex situ</i>	Diversidad genética	Duración	Costes relativos por ejemplar	Valor relativo de conservación	Comentarios
Bancos de semillas	Amplia (si se siguen los protocolos adecuados)	Larga (con el almacenamiento adecuado)	Bajos (con las instalaciones adecuadas)	Reintroducción: Elevado Investigación: Elevado Educación: Bajo	En el caso de numerosas especies arbóreas (especialmente, las procedentes de bosques tropicales húmedos), el almacenamiento de semillas por este método no es posible
Crioconservación	Amplia (si se siguen los protocolos adecuados)	Larga (con el almacenamiento adecuado)	Medianos (con las instalaciones adecuadas)	Reintroducción: Elevado Investigación: Elevado Educación: Bajo	Aún no es posible aplicar esta técnica a la conservación de la mayor parte de las especies arbóreas
Cultivos de tejidos	Amplia (si se siguen los protocolos adecuados)	Media (con el almacenamiento adecuado)	Medianos (con las instalaciones adecuadas)	Reintroducción: Elevado Investigación: Elevado Educación: Bajo	Aún no es posible aplicar esta técnica a la conservación de numerosas especies arbóreas
Colecciones de conservación / bancos genéticos de campo	Mediana	Corta (en función de las especies)	Elevados	Reintroducción: Mediano Investigación: Elevado Educación: Elevado	Para numerosas especies arbóreas, el cultivo es la única opción de conservación; la adaptación al cultivo y la hibridación suelen constituir sus principales problemas
Colecciones vivas de referencia	Reducida*	Corta (en función de las especies)	Elevados	Reintroducción: Bajo Investigación: Mediano Educación: Elevado	El origen de algunos especímenes puede ser desconocido. A menudo sólo cuentan con uno o pocos especímenes de cada especie. Han de adaptarse al cultivo.
Colecciones vivas de exhibición	Reducida*	Corta (en función de las especies)	Elevados	Reintroducción: Bajo Investigación: Bajo Educación: Elevado	El origen de algunos especímenes suele ser desconocido. A menudo sólo cuentan con uno o pocos especímenes de cada especie. Han de adaptarse al cultivo.

Cuadro 1. Valores de conservación relativos de los planteamientos *ex situ*. * Puede alcanzar una mayor diversidad genética, así como un mayor valor de conservación e investigación, si el material es recolectado del medio silvestre y son seleccionadas múltiples variantes genéticas, si bien la adaptación al cultivo y la hibridación seguirían constituyendo serios problemas. Fuente: Adaptado de Guerrant et al. (2004b) y Kramer et al. (2011).

4.2.3 Desarrollo de los recursos de conservación *ex situ*

Una vez elegida una técnica (o combinación de técnicas) de conservación *ex situ*, esta debe aplicarse para desarrollar los recursos de plasma de germen o de material vegetal potencialmente útiles para posteriores iniciativas de reintroducción. El punto de partida debería ser, lógicamente, partir del aprovechamiento de los recursos *ex situ* ya existentes y disponibles en el propio jardín botánico, especialmente en su colección viva. No obstante, las poblaciones *ex situ* existentes en los jardines botánicos suelen presentar las siguientes características (según Maunder et al., 2004b):

- Se trata de poblaciones reducidas y a menudo procedentes de un pequeño número de “especímenes fundacionales” estrechamente emparentados. Este último detalle no siempre es tenido en cuenta, especialmente cuando se carece de los registros adecuados, como es muy a menudo el caso.
- Las reservas de cultivos suelen hallarse sometidas a importantes fluctuaciones poblacionales, debido a cambios en las políticas hortícolas así como a sucesos episódicos de alta mortandad. Todo esto puede afectar significativamente a la estructura genética de la población.

- A menudo, la información ecológica y biológica asociada a los especímenes es escasa o incluso inexistente, lo que dificulta los cultivos y gestión de las reservas por parte de los responsables. Debido a ello, muchas especies pueden resultar difíciles de propagar.
- No suele disponerse de mucha información sobre la historia de los taxones que se están cultivando y los protocolos hortícolas no siempre son adecuados. Resulta frecuente que los datos sobre los orígenes geográficos de las variantes sean imprecisos o incluso inexistentes.
- Los especímenes pueden hallarse dispersos en toda una serie de colecciones con diversas características hortícolas y de almacenamiento y, por lo tanto, con diversos patrones de regeneración y de mortandad.
- Los especímenes son susceptibles de sufrir selección artificial, deriva genética e hibridación con congéneres, lo que limita su valor de conservación.
- En numerosas colecciones abundan sobre todo los taxones más adaptables a la horticultura, y especialmente aquellos con valor ornamental o comercial, por lo que numerosas especies amenazadas no están bien representadas en las colecciones de los jardines botánicos.

Todos estos problemas quedan bien ilustrados en el caso del alerce (*Fitzroya cupressoides*), una conífera amenazada autóctona del sur de Sudamérica. En el Reino Unido, esta especie lleva siendo cultivada en numerosos jardines botánicos y arboretos, desde su introducción de 1849. Con el objetivo de evaluar la importancia de este recurso para la conservación *ex situ*, se analizaron los patrones de variación genética de 48 ejemplares dispersos por todas las islas británicas, aplicando marcadores genéticos (Allnutt *et al.*, 1998). Todas las muestras tomadas de alerces cultivados de origen desconocido, con una sola excepción, resultaron ser genéticamente idénticas. Esto sugiere que prácticamente todos los *F. cupressoides* actualmente cultivados en las islas británicas derivan de un único espécimen, por propagación vegetativa. Su valor para la conservación *ex situ* resulta pues probablemente extremadamente limitado. En cambio, cuando la enredadera chilena amenazada *Berberidopsis corallina* fue analizada siguiendo un método similar, se halló que la variedad genética de los ejemplares cultivados en Gran Bretaña era comparable a la registrada en pequeñas poblaciones naturales (Ehtisham-UI-Haq *et al.*, 2001). Sin embargo, las investigaciones revelaron que en estos cultivos sólo estaban representadas poblaciones de la parte norte del área natural de la especie. En un caso posterior, también se analizaron los patrones de variación genética de poblaciones *ex situ* ubicadas en Gran Bretaña de la conífera chilena, también amenazada, *Podocarpus salignus*. Los resultados evidenciaron novedosas hibridaciones con otras especies (*P. hallii* y *P. totara*) endémicas de Nueva Zelanda, a menudo también presentes en los mismos arboretos (Allnut *et al.*, 2001).

Estos ejemplos subrayan la importancia de los análisis de los patrones de variaciones mediante marcadores moleculares, para estimar el valor potencial para la conservación de las poblaciones *ex situ*. También destacan la necesidad de ser muy precavidos a la hora de desarrollar *ex situ* recursos de conservación, especialmente cuando se carece de información genética al respecto. Habida cuenta de todos estos problemas y limitaciones, resulta pues muy recomendable evaluar cuidadosamente los recursos *ex situ* antes de proceder a cualquier iniciativa de reintroducción,

Guerrant *et al.* (2004a) aportan valiosos consejos para la recolección de material de cara a la conservación *ex situ* de especies vegetales; entre las preguntas claves que hay que hacerse destacan:

- ¿De cuántas poblaciones habría que extraer muestras por cada especie?
- ¿Cuántos ejemplares de muestra conviene tener por cada población?
- ¿Cuántos propágulos hay que recolectar de cada ejemplar?

El Center for Plant Conservation (CPC), que elabora directrices de recolección de muestras genéticas para la colecciones de conservación de especies vegetales amenazadas (CPC, 1991), propone una serie de consejos para el desarrollo de recursos de conservación *ex situ*. Guerrant *et al.* (2004a) se han basado en los mismos, revisándolos y desarrollándolos aún más. Las directrices revisadas se organizan en torno a la siguiente lista de preguntas contextuales, que tienen el objetivo de ayudar a los profesionales a realizar una valoración equilibrada de los numerosos factores que hay que tener en cuenta a la hora de recolectar material de taxones vegetales amenazados (Guerrant *et al.*, 2004a):

¿Para qué propósitos se pretende que sirva el material?

- Por ejemplo, se necesitan muchos menos propágulos para atender únicamente a los protocolos de germinación y cultivo; las consideraciones genéticas son también muy diferentes a la hora de adquirir muestras genéticamente representativas para su almacenamiento a largo plazo o la reintroducción de una especie.

¿Qué material hay disponible

- ¿Cuál es la naturaleza del universo que tenemos que muestrear (o el número total de ejemplares que deberíamos incluir en la muestra)? El tamaño adecuado de la muestra es muy diferente si nos referimos a una especie limitada a una o unas pocas poblaciones reducidas, que si se trata de una especie con 50 ubicaciones conocidas, cada una de ellas ampliamente pobladas.

- ¿Existe la opción del almacenamiento de semillas o las muestras deben presentar la forma de plantas vivas? Resulta por lo general mucho más sencillo y económico almacenar amplias cantidades de semillas en un banco que mantener a unos pocos ejemplares vegetales vivos en un jardín botánico o en otras instalaciones no autóctonas. Sin embargo, en función de los recursos disponibles, el almacenamiento de semillas no tiene porqué ser necesariamente la opción más realista, incluso para taxones con semillas ortodoxas.

¿Cuánto puede costar contar siempre con suficiente material para cuando sea necesario y hasta qué punto el beneficio derivado compensa dicho coste?

- ¿Qué magnitud de pérdida de recursos se puede prever durante el almacenamiento y posterior uso para restaurar la diversidad silvestre? Todos los propágulos recolectados no sobreviven al almacenamiento *ex situ*; de hecho, algunos pueden ser utilizados precisamente para controlar su situación durante el almacenamiento. Además, no todos los propágulos supervivientes lograrán reproducirse exitosamente.
- ¿Cuándo el impacto a corto plazo del proceso de recolección en el medio resulta tan elevado como para recomendar que se dilate dicho proceso a dos o más años? Para que una colección esté medioambientalmente justificada, el valor potencial de la muestra debe superar el impacto a corto plazo de su recolección. ¿En qué circunstancias no caben dichas restricciones y se justifica una recolección de emergencia en el medio silvestre?

Basándose en una evaluación y revisión de las directrices del CPC, Guerrant *et al.* (2004a) realizan las siguientes recomendaciones:

- Para especies con 50 ó menos poblaciones, recolectar de tantas de ellas como lo permitan los recursos. Para especies con más de 50 poblaciones, recolectar de tantas de ellas como resulte posible, hasta llegar a las 50 muestras de poblaciones diferentes. Para poblaciones de 50 ó menos ejemplares, recolectar de todas las variedades conocidas; para poblaciones de más de 50 ejemplares, recolectar 50 de ellos. Esto formaría unas muestras ideales preparadas para atender a una amplia gama de objetivos pero hay que reconocer que, en la práctica, y especialmente en el caso de algunas especies muy amenazadas, los tamaños de las muestras tendrán que ser muy inferiores a estos indicadores.
- Para desarrollar protocolos de germinación y propagación, o para determinar la gestión del almacenamiento de semillas, utilizar el material existente *ex situ*, si está disponible. En el caso de taxones extremadamente escasos, puede ser aconsejable comenzar con estudios piloto con especies congéneres estrechamente relacionadas y

más comunes. Pero si hay que obtener la muestra de poblaciones silvestres, comenzar con pequeñas recolecciones de las poblaciones más amplias y menos amenazadas. El tamaño final de la muestra ha de determinarse tras consultas con los colaboradores o con expertos familiarizados con el material en cuestión.

- Si es posible, conviene mantener colecciones *ex situ* de “semilleros durmientes”. Para el almacenamiento de semillas, la dimensión de la muestra está principalmente condicionada por factores como el tamaño del universo a muestrear, el impacto de la recolección en las poblaciones silvestres y la capacidad técnica para almacenar semillas durante un largo periodo de tiempo. En cuanto a la cantidad de plantas vivas, depende más de las limitaciones prácticas en la gestión de las especies que de otros factores, de manera que el número total suele ser inferior al de semillas almacenadas.
- Para desarrollar protocolos de reintroducción de especies, conviene empezar con las colecciones de dimensiones más reducidas pero suficientes para atender a las cuestiones de gestión planteadas en las iniciativas experimentales de reintroducción.
- Para incrementar las probabilidades de reintroducción exitosa de poblaciones autosostenibles de especies vegetales amenazadas, conviene recolectar una cantidad y variedad que resulten razonables de ejemplares fundadores idóneos, atendiendo a las características del universo a muestrear. También hay que recolectar y mantener por separado las semillas de cada línea materna, pues es la única manera de conocer y controlar la representatividad de los diversos fundadores.
- Las colecciones con otros objetivos deben ser evaluadas a la luz de sus valores intrínsecos de conservación, así como del impacto acumulado de todas las actividades de recolección en las especies y poblaciones afectadas.



Jardín Botánico de Cibodas y vegetación de sus alrededores (Kemal Jufri)

- Si una especie objeto de conservación está presente en colecciones *ex situ*, hay que controlar los índices de supervivencia, estado de salud y situación genética de las mismas. Para minimizar los cambios genéticos en las colecciones *ex situ*, es preferible fomentar la mejora de las condiciones de almacenamiento y de cultivo en vez de (o, por lo menos, antes de) iniciar nuevas recolecciones silvestres.
- Para compensar la mortandad de los propágulos durante la reintroducción, hay que comenzar con una estimación del número deseado de especímenes supervivientes para su reproducción en una nueva población fundacional. Luego hay que tener en cuenta las pérdidas previsibles hasta la consolidación de la misma. Algunas de estas pérdidas calculadas pueden ser mitigadas mediante material clonado de reserva.
- Una menor intensidad pero mayor frecuencia de recolección de propágulos tiene un menor impacto en las poblaciones muestreadas que recolecciones más intensas y menos frecuentes. En la medida de lo posible, conviene pues dilatar la recolección a lo largo de dos o más años, especialmente en el caso de pequeñas poblaciones.
- Para especies con poblaciones extremadamente escasas, especialmente para aquellas con 10 ó menos ejemplares reproductivos y un pobre historial de recolección, o para aquellas que se sabe que se hallan en acelerado declive, hay que recopilar hasta el 100 % de las semillas, si así lo permite el recolector autorizado. Si bien semejante procedimiento de recolección sólo es posible en caso de contar con las instalaciones, protocolos y recursos adecuados para mantener el material y si dicha colección pasa a formar parte de una estrategia más inclusiva, respaldada por las autoridades administrativas apropiadas.

A la hora de recolectar material vegetal para la conservación *ex situ*, también es importante considerar las cuestiones legales. Numerosos países tienen legislaciones que regulan la recolección de este tipo de material silvestre, especialmente en el caso de especies amenazadas de extinción. Resulta pues necesario comprobar la correspondiente legislación antes de planificar cualquier proyecto de conservación de especies arbóreas que conlleve recolectar material para una colección *ex situ*. Siempre hay que consultaren este sentido a las autoridades nacionales competentes. También se requieren además permisos por parte de los propietarios o administradores de las tierras, tanto para el acceso a las mismas como para retirar material de las mismas. Cuando se planifica un proyecto en un país extranjero, es además importante tener en cuenta que pueden existir normativas de recolección de material vegetal diferentes para ciudadanos nacionales y para

Estudio de caso 12:

Propagación de la Prumnopitys andina, una conífera sudamericana

La *Prumnopitys andina* es una especie perenne perteneciente a la familia de las *Podocarpaceae* que es autóctona de Chile y Argentina. Está considerada “Vulnerable” en estado silvestre. Por regla general, la germinación de las podocarpáceas suele ser lenta y problemática. La Comisión forestal del Reino Unido, el Real Jardín Botánico de Edimburgo y la Universidad Austral de Chile (Valdivia) llevaron a cabo una investigación conjunta con el objetivo de obtener todas las semillas posibles a partir de 1270 frutos (piñas femeninas). Los frutos procedían de 12 recolecciones en otras tantas diferentes ubicaciones en Chile. Un objetivo secundario de la investigación consistía en acelerar el ritmo de germinación, que según los registros previos podía llegar a durar hasta cuatro años.

Se desarrolló pues un programa para intentar germinar las semillas en el plazo de un año. Las etapas del mismo incluían: retirar completamente sus carnosas sarcotestas; lavar concienzudamente sus cáscaras; “pretratarlas” mediante su incubación en turba y arena humedecidas, a una temperatura diariamente variable entre 10°C y 15°C, durante unos cuantos meses; romper cuidadosamente sus cáscaras mediante un torno y extraer los embriones; cultivar los embriones viables en papel de filtro humedecido, a una temperatura diaria variable entre 20°C y 30°C (con luz durante las fases de 30°C); en caso necesario, liberar los cotiledones de aquellas semillas que quedaran atrapados en el gametófito femenino; y finalmente trasplantar los plantones a un vivero convencional. El procedimiento se reveló muy efectivo, pero la ruptura de las cáscaras y la extracción de los embriones requirieron una enorme inversión de tiempo y de esfuerzos. Se consideró que una prolongación del pretratamiento tal vez podría sustituir a la ruptura de las cáscaras.

Esta investigación formó parte de un programa de conservación integral de especies forestales endémicas amenazadas en Chile, que incluyó también: investigaciones sobre su distribución y situación de conservación; cultivo y variaciones genéticas de los árboles amenazados; desarrollo de planes de gestión de su hábitat en terrenos privados; desarrollo del arboreto de la Universidad Austral de Chile como centro de conservación *ex situ* e impartición de formación en metodologías de conservación *in situ* y *ex situ*.

Fuente: Gosling et al. (2005)

Estudio de caso 13:**Propagación de la *Xanthocyparis vietnamensis***

La *Xanthocyparis vietnamensis* es una conífera descubierta en 1999 en la sierra de Bat Dai Son (provincia de Ha Giang, al norte de Vietnam) y ha sido clasificada “En peligro” en la Lista Roja de la UICN. El Centro de conservación vegetal de Hanoi (Vietnam), Fauna & Flora International, el International Conifer Conservation Programme, el Real Jardín Botánico de Edimburgo, el Bedgebury National Pinetum (Reino Unido) y la Estación de investigación forestal en Alice Holt Lodge han iniciado de forma colaborativa una serie de actuaciones de conservación de esta especie.

La *Xanthocyparis vietnamensis* fue cultivada por primera vez en el Real Jardín Botánico de Edimburgo el 17 de noviembre de 2002, partiendo de esquejes. Posteriormente se han distribuidos ejemplares a algunos lugares específicos, como parte del International Conifer Conservation Programme (Gardner, 2003), siendo el Bedgebury National Pinetum uno de ellos. Hasta hace poco no se ha intentado su propagación por semilla.

La opción de propagación de la *Xanthocyparis vietnamensis* más exitosa hasta el momento ha sido la realizada a partir de esquejes con talón semimaduros extraídos en noviembre en Reino Unido. Estos esquejes han demostrado una tasa de éxito muy superior cuando son extraídos de ejemplares jóvenes con una gran abundancia de hojas sanas. Los esquejes deben presentar una longitud que oscile entre los 10 y los 15 cm y hay que impregnarlos de polvo de hormonas de enraizamiento semimaduras que contenga IBA. Se colocan en una bandeja, asegurándose de que estén suficientemente juntos pero sin llegar a tocarse, y se dejan en “cama caliente” (ya sea cubiertos de

polietileno o en una cajonera), con un sistema de pulverización de agua (sistema *mist*). Así se previene su desecación. Tras aproximadamente cuatro meses, los esquejes ya deberían de comenzar a echar raíces, momento en el cual pueden ser metidos en macetas.

Las semillas fueron enviadas desde Vietnam en 2010 a la Estación de investigación forestal de Alice Holt, donde fueron analizadas con rayos X. Esto permitió la selección de las únicas que parecían en buen estado y viables, que fueron almacenadas en un frigorífico doméstico a 4°C. Tras cinco semanas de estratificación en frío, fueron sembradas el 4 de abril de 2011 en una mezcla de turba fina y corteza (en una proporción de 4 a 1), que había sido humedecida antes de la siembra. Las semillas fueron introducidas suavemente en el compost y cubiertas con una fina capa de arena gruesa. Las bandejas de semillas fueron después guardadas en un invernadero a temperatura templada, siendo regadas regularmente. La primera germinación tuvo lugar 28 semanas después, el 19 de octubre de 2011.

Fuente: Dan Luscombe y Matt Parratt, arboreto Bedgebury.



Brinzales de *Xanthocyparis vietnamensis*. (P. Drury)

extranjeros, especialmente si dicho material se va a exportar. Algunos grupos indígenas han desarrollado códigos de conducta para trabajadores que desean trabajar en sus tierras.

La transferencia de material vegetal entre países está regulada por varios Convenios internacionales. Ciertas especies arbóreas están cubiertas por disposiciones de la CITES (véase la Sección 2.3; <www.cites.org>). El “comercio” internacional de las especies registradas en estas listas requiere una serie de permisos. El CDB establece una serie de requisitos más amplios para la transferencia internacional de materiales de biodiversidad bajo las disposiciones del ABS (Acceso y Participación en los Beneficios). El Anexo 2 analiza los principios del ABS. Es recomendable consultar la web del CDB (<www.cbd.int>), para obtener más información sobre las normas nacionales de ABS.

4.3 Paso 3: Planificación e implementación del programa de reintroducción

La reintroducción consiste en reubicar material de especies amenazadas en su área históricogeográfica y en un hábitat apropiado. Puede ser considerada entonces una forma de restauración ecológica, centrada en rescatar o recuperar especies amenazadas (Armstrong y Seddon, 2008; Falk *et al.*, 1996; Maunder, 1992). Se trata de una actividad muy compleja que presenta tasas de fracaso tan elevadas que algunos investigadores han llegado a cuestionar su validez general (Fahselt, 2007). Sin embargo, algunos de los estudios de casos presentados en este manual ilustran en cambio que las iniciativas de reintroducción, cuando resultan exitosas, pueden aportar contribuciones altamente valiosas para la conservación de especies amenazadas. Conviene pues extraer claves de las

lecciones aprendidas tanto de los éxitos como de los fracasos. Falk *et al.* (1996) aportan una panorámica general de la reintroducción de especies vegetales, incluyendo aspectos teóricos y prácticos, así como algunos estudios de casos con fines informativos. Remitimos al lector a estas fuentes autorizadas para obtener más detalles. Maschinski *et al.* (2012) presentan las CPC Best Reintroduction Practice Guidelines, que aportan orientaciones detalladas adicionales. Mas información se encuentra en la UICN, quien también ha desarrollado directrices para la reintroducción de especies vegetales: <<http://www.kew.org/conservation/RSGguidelines.html>>

4.3.1 Estrategia de reintroducción

Kaye (2008) propone una concisa estrategia paso a paso para orientar la reintroducción de especies vegetales, subrayando el desarrollo y puesta a prueba de hipótesis sobre factores que puedan afectar al éxito de la misma, buscando el *feedback* mediante una gestión adaptativa y proponiendo métodos de seguimiento y valoración de los resultados. A continuación, resumimos esta estrategia (adaptación de la propuesta de Kaye, 2008):

(i) Planificación y planteamiento de objetivos claros

Hay que identificar un conjunto claro de objetivos, en relación tanto con la situación como con el proceso en sí, a corto y a largo plazo. Numerosos proyectos de conservación carecen de objetivos claramente definidos, debido a lo cual ciertas intervenciones prácticas resultan dispersas e ineficaces. La identificación de objetivos claros también facilita el seguimiento de los progresos. También es importante obtener desde el principio los permisos necesarios.

(ii) Obtención de material de base para la reintroducción

Cuando se recolectan semillas, esquejes, etc. de colecciones *ex situ*, como los bancos de semillas, hay que asegurar la maximización de la diversidad genética



Restauración del bosque en el Jardín Botánico de Brackenhurst, Kenia. (BGCI)

del material, prestando especial atención a especies de población reducida o que sufren un empobrecimiento de la exogamia. También hay que considerar el potencial adaptativo del material. Un material genético obtenido de plantas que han crecido en lugares medioambientalmente similares al lugar elegido para la reintroducción, en cuanto a suelo, clima, altitud y latitud, tiene más probabilidades de adaptarse a las condiciones locales. Un material vegetal pobremente adaptado es una de las principales causas de fracaso en las reintroducciones.

(iii) Propagación de materiales vegetales

Conviene identificar y desarrollar protocolos de cultivo. Generalmente, las técnicas hortícolas estándares resultan adecuadas para propagar las especies arbóreas (véase la información adicional presentada más abajo). Los procedimientos comunes en silvicultura también pueden resultar muy útiles para una propagación exitosa de especies arbóreas en proyectos de conservación.

(iv) Selección de la/s ubicación/es apropiada/s para la reintroducción

Los criterios logísticos incluyen la propiedad de la ubicación, el acceso y la gestión de la misma. Los criterios biológicos incluyen la necesidad de elegir ubicaciones dentro del área histórica y geográfica apropiada, con las condiciones medioambientales idóneas (suelo, clima, altitud, aspecto, etc.) y donde amenazas como las especies invasivas puedan ser exitosamente gestionadas. Se pueden identificar las ubicaciones más adecuadas mediante pruebas piloto o a pequeña escala.

(v) Preparación de la ubicación para el establecimiento de las especies vegetales

Suele ser necesario llevar a cabo algún tipo de preparación de la ubicación, como la limpieza de las especies vegetales competidoras. Tras el trasplante, normalmente dichas limpiezas deben repetirse con regularidad, para mitigar la mortandad de los árboles jóvenes. Si existe cobertura forestal, a veces es necesario manipularla (por ejemplo, reduciéndola) para asegurar un entorno lumínico apropiado para las especies objeto de la reintroducción. Se puede también acudir a plantas nodriza para facilitar el establecimiento de algunas especies, especialmente en ubicaciones altamente degradadas o secas. La protección contra los herbívoros puede ser otro de los elementos claves de la preparación de la ubicación, mediante por ejemplo la instalación de vallas o protecciones.

(vi) Realización del trasplante

Conviene elegir cierta variedad de técnicas de trasplante y establecimiento y realizar un seguimiento de sus resultados, para obtener datos de cara a futuras iniciativas del mismo tipo. Se puede plantear el trasplante como un experimento controlado, para poner a prueba hipótesis sobre los factores que influyen en el



Prunus sogdiana. (BGCI)

establecimiento de los árboles. Esto puede suponer la manipulación de factores como la cobertura vegetal existente, la sombra, los nutrientes disponibles y la presencia de herbívoros. Hay que controlar regularmente el trasplante, para sustituir las plantas que hayan muerto.

(viii) Empleo de planteamientos de gestión adaptativa

La gestión adaptativa incluye el seguimiento de los resultados de las intervenciones para orientar futuras actividades, lo que requiere implementar un programa de control efectivo. En la planificación del proyecto inicial hay que tener en cuenta pues el coste del futuro seguimiento. En algunos casos, puede ser apropiado acudir a "investigadores ciudadanos". Más adelante se aporta más información sobre la gestión adaptativa.

(ix) Comunicar los resultados a otros

Es importante comunicar los resultados —ya sean éxitos o errores— para contribuir a las iniciativas de reintroducción que se desarrollan en otras partes. Hay que prever qué vías vamos a utilizar para difundir los resultados lo antes posible, a través de las redes y de la literatura gris, así como en revistas de referencia. Cada vez existen más recursos para promover la comunicación entre profesionales, como por ejemplo: <<http://www.conservationevidence.com/>>

Godefroi *et al.* (2011) aportan un reciente repaso muy útil de casos de reintroducción de especies vegetales, de los que pueden extraerse algunas lecciones adicionales. Los resultados indican que las tasas de supervivencia, floración y fructificación de las plantas reintroducidas son por lo general bajas (de media, 52 %, 19 % y 16 % respectivamente). Se han identificado algunos factores que influyen positivamente en los resultados de reintroducción:

- elegir ubicaciones protegidas,
- usar plantones,
- incrementar la cantidad de ejemplares reintroducidos,
- mezclar material de diversas poblaciones,
- usar trasplantes procedentes de poblaciones de origen estables,
- preparar la ubicación y las medidas de gestión, y
- conocer las variantes genéticas de las especies que se pretenden reintroducir.

Este estudio también revela los puntos débiles de los intentos de reintroducción:

- un seguimiento insuficiente tras la reintroducción (a menudo, el seguimiento suele abandonarse al cabo de cuatro años);
- una documentación inadecuada, especialmente en el caso de reintroducciones consideradas fracasos;
- escaso conocimiento de las razones subyacentes del declive de las poblaciones existentes;
- evaluación excesivamente optimista del éxito, basada en los resultados a corto plazo; y
- definición muy pobre de los criterios de éxito para los proyectos de reintroducción.

Estos autores por lo tanto concluyen que la reintroducción, como herramienta de conservación, puede ser mejorada mediante: (1) una mayor profundización en el conocimiento de las características biológicas de las especies; (2) un elevado número de trasplantes (es decir, anteponiendo el uso de plantones a la siembra directa de semillas); y (3) un mayor control de la producción y germinación de semillas.

4.3.2 Técnicas de propagación

Los problemas en la regeneración natural de las especies arbóreas escasas y amenazadas puede ser uno de los factores claves de su declive. Los cambios en el tamaño y estructura de la población, por ejemplo como resultado del creciente aislamiento de sus ejemplares, puede derivar hacia un declive de la polinización y de la producción de semillas. La pérdida de polinizadores también puede constituir un factor crítico. Por lo general, las razones de la falta de regeneración natural de especies arbóreas no son aún bien entendidas. Así que la propagación artificial puede resultar igual de dificultosa. Los recursos hortícolas y de investigación en este ámbito que poseen los jardines botánicos son de gran importancia, tanto para el mantenimiento de colecciones vivas como para la propagación de material vegetal para la restauración en áreas silvestres. A pesar de todas las dificultades que se dan en la propagación, siempre suele haber un método que funciona bien, por lo que todos los intentos aportan información valiosa para las labores de conservación de especies. Existe una amplia variedad de publicaciones generales sobre técnicas de propagación (véase, por ejemplo, MacDonald —2000—; Dirr y Heuser —2006—, en lo relativo a árboles de clima templado y

Longman —2002-2003—, en lo relativo a especies tropicales). Por otro lado, la International Plant Propagators Society es una rica fuente de información al respecto. Como señala Blythe (2007), la información disponible siempre debe ser considerada más un punto de partida que un protocolo estricto, pues los requisitos de propagación de especies pueden variar de un lugar a otro. La experimentación constituye pues una actividad clave en este tema. También se puede obtener información interesante sobre la propagación de especies específicas en otros jardines botánicos, consultando registros actualizados de especies en cultivo en la base de datos Plantsearch de BGCI. En <<http://www.bgci.org>> se puede consultar una lista detallada de referencias bibliográficas sobre la propagación de especies arbóreas.

El método de propagación, ya sea en jardines botánicos o en viveros locales, va a depender de la naturaleza y cantidad de material arbóreo disponible, así como del acceso a equipos y recursos técnicos. La opción preferible para la propagación de árboles escasos y amenazados es mediante semillas, asegurando que haya suficiente variación genética en la población establecida. Otras opciones incluyen propagación vegetativa, propagación por esquejes, micropropagación e injertos. La descripción pormenorizada de todos los protocolos de actuación relativos a estos diversos tipos de propagación es algo que está fuera del alcance de este documento, aunque en el Cuadro 2 presentamos un resumen. Antes de lanzar un proyecto con una especie nueva, es importante consultar previamente con potenciales

Cuadro 2. Panorámica de algunas técnicas de propagación usadas con especies arbóreas

Propagación de semillas: Los requisitos de germinación de semillas varían enormemente en función de las especies y de las condiciones en que estas se hallen. Numerosas semillas que parecen maduras contienen en realidad embriones inmaduros (p. ej., *Ilex*, *Magnolia* spp.), por lo que requieren un considerable periodo de posmaduración (normalmente, en un entorno cálido) para que la semilla germine (Dirr & Heuser, 2006). Las tasas de germinación se ven afectadas por factores como el momento de la recolección, los procedimientos de limpieza, las condiciones de almacenamiento, la cantidad de humedad en la semilla y los diversos tratamientos aplicados para inducir el proceso. Si se dispone de suficientes semillas, es recomendable probar diferentes tratamientos, incluyendo combinaciones de estratificación en frío y en caliente. En el arboreto Morris, por ejemplo, todas las semillas que requieren estratificación son introducidas en bolsitas con perlita humedecida, lo que permite que tengan agua sin riesgo de que se pudran (Dillard, 2005).

Propagación vegetativa: Las plantas leñosas pueden propagarse mediante *esquejes de hoja* (incluyendo limbos, pecíolos y pequeñas secciones del tallo con yemas axilares). Aunque los esquejes de tallo son más utilizados, dividiéndose en: madera suave (brotes emergentes), semidura (brotes firmes correspondientes al desarrollo de verano) y dura (correspondientes al desarrollo al final de la estación). Los esquejes tomados en su periodo de desarrollo estacional suelen medir entre 10 y 15 centímetros, hay que retirar las hojas, salvo tres o cuatro de ellas, para reducir su volumen. Se pueden realizar heridas basales para mejorar el enraizamiento antes de la aplicación de hormonas. Una vez aplicadas estas, se suelen introducir los esquejes en un propagador relleno de un medio poroso y mantenido a una elevada tasa de humedad (Tubesing, 1998). Los esquejes derivados de material “joven” (p. ej., rebrotes

vegetativos procedentes de esquejes de tallo) suelen presentar un mayor potencial de enraizamiento que los derivados de brotes de árboles maduros.

Injertos: la unión de dos plantas, o de partes de plantas, para favorecer su desarrollo es una técnica que se utiliza para propagar especies difíciles de reproducir por otros medios. Un injerto se compone de un vástago y de un patrón. El vástago es un trozo corto de un tallo con dos o más yemas que se desarrollan en la parte superior de una planta. Si el vástago se reduce a una única yema en un fino tallo, la técnica es conocida como “injerto de yema”. El patrón, también conocido como portainjertos o pie, es la parte inferior de la planta que pasa a convertirse en la nueva raíz del vástago. Por regla general, las probabilidades de éxito del injerto son mayores cuanto más cercanas taxonómicamente sean las plantas implicadas. Cuando no es posible injertar dos plantas, se dice que son incompatibles.

La micropropagación: supone el desarrollo de plantas a partir de semillas o de pequeños fragmentos de tejido en condiciones de esterilidad y en medios de crecimiento especiales. Se trata de un método muy utilizado en los últimos treinta años para la conservación de especies vegetales. Una de sus principales dificultades consiste en la obtención de material apropiado para la propagación; por ejemplo, el procedente de plantas al aire libre puede resultar difícil de desinfectar totalmente, antes de situarlo en un medio de cultivo esterilizado. Una vez en cultivo, algunas especies producen compuestos fenólicos en su proceso cicatrizador que pueden inhibir el desarrollo. Para evitar este problema, hay que renovar el medio de los tejidos cada cuatro semanas. El enraizamiento puede resultar complicado, pero puede mejorarse mediante una adecuada aplicación de auxinas (Tubesing, 1998).

Estudio de caso 14:**Propagación de las especies amenazadas de *Sorbus* spp. en Escocia**

Existen actualmente en Reino Unido 19 especies endémicas de *Sorbus* (mostellares) consideradas en riesgo de extinción (11 de las cuales están incluidas en la Lista Roja de la UICN). En la isla de Arran, en la costa sudoeste de Escocia, hay tres especies endémicas: *Sorbus arranensis*, *S. pseudofennica* y *S. pseudomeinichii*. Esta última ha sido descubierta muy recientemente y sólo se conoce un único ejemplar silvestre, que ha sido vallado para evitar daños derivados del pastoreo y facilitar la posibilidad de germinación de sus semillas.

El Real Jardín Botánico de Edimburgo posee colecciones *ex situ* de especies arbóreas “Críticamente amenazadas”, logrando buenos resultados en la propagación de semillas, así como en la propagación vegetativa mediante injertos de astillas. Así que, tras obtener los permisos pertinentes del Scottish Natural Heritage, se recolectaron semillas de estas tres especies con el objetivo de intentar establecer colecciones *ex situ*. Desafortunadamente, aunque el ejemplar de *S. pseudomeinichii* parecía fructificar adecuadamente, la mayoría de sus semillas resultaron estar dañadas por insectos e infecciones patógenas.

Tras la recolección de frutos, sus semillas fueron extraídas y lavadas con agua corriente. Diez de ellas fueron sembradas en otros tantos envases de plástico del tipo *Rootraiser*, sin ningún otro tratamiento previo. Se preparó un compost adecuado con una capa superficial de arenilla de pedernal. De las diez semillas, sólo una germinó en junio de 2007, desarrollándose un vigoroso pimpollo que en agosto de 2011 alcanzaba ya los 50 centímetros.

Como la producción de semillas del único ejemplar silvestre de *S. pseudomeinichii* era muy limitada debido a los daños provocados por los insectos y por diversos factores climáticos, se probó igualmente el injerto de astillas como método alternativo, pues sólo requiere la recolección de una mínima parte de material vegetal. Tras obtener de nuevo los permisos necesarios, en agosto de 2007 se recolectó una pequeña rama con varios brotes del ejemplar silvestre. Al día siguiente, los brotes fueron injertados en patrones de *Sorbus aucuparia*. Para lograrlo, se seccionó una astilla de la corteza de cada patrón, sustituyéndola por una astilla portadora de un brote, cortando ambos extremos de manera que sus cámbium quedaran expuestos. Se cubrieron los extremos cortados con tiras especiales para sellarlos y sostener la astilla con brote en el lugar elegido. Al cabo de un mes ambos extremos ya se habían unido y cuando se estabilizó el desarrollo, se cortó la parte superior del patrón justo por encima del vástago. El último paso de este proceso de injerto de astillas consistió en la separación del vástago en desarrollo de la planta madre.

Las colecciones *ex situ* de las tres especies de mostellares endémicos de Arran desarrolladas en el Real Jardín Botánico de Edimburgo suponen un “seguro de vida” para evitar su desaparición, enviándose duplicados a otros jardines botánicos. También permiten conocer los requisitos de cultivo y propagación de estas especies extremadamente raras, así como la formación de los estudiantes en técnicas reales de conservación.

Fuente: McHaffie, Frachon y Robertson (2011)

colaboradores sobre los recursos disponibles (p. ej., a través de buscadores en línea para literatura publicada y no publicada, etc.), para determinar si ya existe información sobre especies específicas (o géneros relacionados) que pueda orientar las decisiones sobre propagación. Puesto que numerosos jardines botánicos mantienen numerosas especies arbóreas únicas, sus conocimientos e instalaciones tienen un valor incalculable para el desarrollo de especies nuevas y poco estudiadas. De hecho, a menudo son los únicos que poseen la información clave para la propagación de algunas especies arbóreas amenazadas, por lo que es necesario registrar dicha información y hacerla más accesible para facilitar así las iniciativas de conservación y restauración.

4.3.3 Selección de la ubicación

La selección de una ubicación apropiada donde establecer las especies arbóreas constituye una parte fundamental del proceso de reintroducción. Los técnicos forestales conceden mucha importancia a encontrar la ubicación más idónea para cada especie a la hora

establecer replantaciones forestales; los mismos principios son válidos para los proyectos de conservación. Si una especie no es establecida en una ubicación ecológicamente apropiada, el riesgo de fracaso es muy superior.

Maschinski *et al.* (2012) aportan las siguientes orientaciones en este tema:

- Existe una serie de factores que influyen en la capacidad de una especie para colonizar un nuevo lugar, incluyendo un suelo y unas condiciones climáticas apropiadas, la disponibilidad de especies asociadas y un seguimiento para afrontar las posibles amenazas. Hay que buscar pues información sobre la ubicación propuesta. Esta debería ser similar, en términos medioambientales, a las ubicaciones donde la especie prospere habitualmente.
- Hay que intentar prever las posibles condiciones futuras que deberá afrontar la población reintroducida. Para lograr mantener su viabilidad, resulta pues esencial llevar a cabo un seguimiento continuo, que se adelante a los potenciales peligros.

Estudio de caso 15:**Propagación de semillas de especies amenazadas de *Magnolia spp.***

Las magnolias tienen numerosas semillas cuya recolección resulta relativamente sencilla, tanto como su reposo vegetativo: la mayoría de las especies de climas templados requieren un período de refrigeración húmeda de dos o tres meses, a aproximadamente 5°C, para favorecer la germinación. Se trata de semillas recalcitrantes, que pierden rápidamente su viabilidad si son almacenadas en seco.

El Jardín Botánico del Sur de China posee una rica colección de magnolias que incluye ejemplares de diez especies chinas “Críticamente amenazadas” y de trece declaradas “En peligro”. Los botánicos del centro están investigando las condiciones ecológicas y de conservación de toda una serie de especies silvestres de *Magnolia*, como base de cara a su conservación y reintroducción. Una de las especies conservadas es la recientemente descubierta *Magnolia longipedunculata*, descrita por primera vez en 2004. Se desarrolla en los bosques de hoja perenne de Guangdong y recientes estudios de campo en tres municipios de esta provincia sólo han logrado identificar una única población de 11 ejemplares adultos de esta especie, siendo por lo tanto considerada “Críticamente amenazada”.

Para mejorar las tasas de germinación de sus semillas, uno de los factores más importantes consiste en recolectar los frutos en el momento idóneo. Si las semillas

son recolectadas demasiado pronto, no se desarrollan totalmente, lo que reduce de forma importante sus tasas de germinación. Tras su recolección, el conjunto de frutos debe ser almacenado en un lugar oscuro y frío para su desecación, facilitando así la dehiscencia de sus folículos y la liberación de las semillas. Para retirar su sarcotesta, es recomendable poner las semillas a remojo en agua durante más de tres días, exprimirlas y frotarlas contra un colador. Una vez limpias, ya pueden ser sembradas en un invernadero o bien almacenadas durante el invierno, a la espera de la llegada de la primavera para su siembra. En regiones tropicales y subtropicales, las semillas de *M. longipedunculata* suelen ser sembradas en cuanto son recolectadas. En regiones septentrionales, suelen ser almacenadas durante el invierno y sembradas en primavera.

Su almacenamiento requiere una serie de condiciones: las semillas deben ser guardadas en arena de río húmeda y limpia y mantenidas en un lugar fresco y oscuro. Antes de su empaquetado, hay que enjuagarlas con un fungicida o con una solución de lejía clorada, para protegerlas de las enfermedades. Los resultados de los experimentos demuestran que su temperatura óptima de germinación oscila entre los 20° y los 25°C; en cambio, las temperaturas superiores a 30°C o inferiores a 10°C suelen inhibir su germinación. Desde la siembra de la semilla hasta que esta se produce, pueden pasar entre 25 y 30 días; el proceso de germinación en sí suele durar entre 12 y 15 días.

Fuente: Zeng Qingwen



Fruto de *Magnolia longipedunculata*. (Zeng Qingwen)



Cercocarpus traskiae. (A. Kramer)

- Hay que tener también en cuenta ciertos procesos a gran escala, del paisaje global, eligiendo la ubicación en el contexto más amplio de distribución de la especie. La reintroducción de una nueva población puede, por ejemplo, desempeñar un papel importante como eslabón para unir poblaciones ya existentes, o para expandir la distribución de las mismas. Una valoración de todo un área desde el punto de vista de la topografía, de las dinámicas ecosistémicas y de los patrones de posibles trayectorias de restauración ayuda a determinar las ubicaciones más idóneas para asegurar el sostenimiento de una población reintroducida.
 - Para evitar que los imprevistos nos afecten excesivamente, conviene incorporar cierta heterogeneidad en el plan de reintroducción, usando múltiples ubicaciones y microubicaciones, donde poner a prueba la reintroducción en condiciones diversas en todas las etapas de desarrollo de la especie arbórea.
- Puesto que a menudo no se conocen exhaustivamente las necesidades de las especies arbóreas, el uso de microubicaciones con fines experimentales es una práctica muy recomendable. En las diversas ubicaciones, hay que controlar las condiciones abióticas (es decir, composición del suelo, precipitaciones, temperaturas, etc.) y bióticas (presencia de herbívoros, de especies simbióticas y de especies invasivas, etc.) asociadas al desarrollo y reproducción de la especie. También conviene asegurarse de la disponibilidad de áreas adecuadas para potenciales expansiones de la población; de que existan microubicaciones disponibles dentro de la ubicación general, así como hábitats adecuados adyacentes fuera de la misma. Si los entornos favorables al desarrollo de la especie son raros o casi inexistentes, será necesario tomar medidas de acondicionamiento adicionales más allá de la simple reintroducción.

4.3.4 Gestión adaptativa

Como ya se ha señalado anteriormente, sea cual sea el planteamiento de conservación adoptado, siempre conviene emplear técnicas de gestión adaptativa. Foundations of Success (FOS), una organización sin ánimo de lucro comprometida con la mejora de la práctica de la conservación mediante procesos de gestión adaptativa, ha desarrollado recursos especialmente útiles en este sentido: su página web (<<http://fosonline.org/>>) ofrece numerosos recursos divulgativos; véase especialmente Margoluis y Salafsky (1998) y Salfasky et al. (2001, 2002). La breve explicación que sigue ahora está basada en estos artículos, que se pueden consultar para obtener más detalles (véase también Newton, 2007).

La gestión adaptativa puede ser definida como la integración del diseño, gestión y seguimiento según presupuestos sistemáticamente puestos a prueba, con el objetivo de adaptarse y aprender de la experiencia. También nos ofrece un método para incorporar la investigación a las medidas de conservación. Este enfoque incluye los siguientes elementos:

- **Comprobación de los presupuestos iniciales.** Consiste en comprobar sistemáticamente diferentes medidas de gestión para alcanzar un mismo resultado. Se parte de la consideración de la situación inicial en la ubicación específica del proyecto, desarrollando una serie de presupuestos sobre lo que puede suceder y qué medidas se pueden tomar para controlar dichos sucesos. El siguiente paso consiste en implementar dichas medidas y hacer un seguimiento de los resultados efectivos, para evaluar hasta qué punto se corresponden con los resultados previstos al inicio sobre la base de los presupuestos de partida.

Estudio de caso 16:

Caoba de la Sierra de la Isla de Santa Catalina (*Cercocarpus traskiae*)

La caoba de la Sierra de la Isla de Santa Catalina (*Cercocarpus traskiae*) es un árbol de pequeñas dimensiones, latifoliado y de hoja perenne, de la familia de las rosas (*Rosaceae*) que sólo crece en los sustratos de grabo saussuritizado del cañón Wild Boar Gully, en la parte oeste de la isla (condado de Los Ángeles, California). Suele ser muy citado como el árbol autóctono más raro de California e incluso muchos lo consideran el más raro en todo Estados Unidos (Wallace *et al.*, 2007). Cuando esta especie fue descubierta por primera vez por Blanche Trask, en marzo de 1897, contaba ya sólo con una población estimada de entre 40 y 50 ejemplares. En la actualidad, en las áreas silvestres de esta isla sólo existen seis ejemplares “puros” conocidos de *Cercocarpus traskiae*, cinco de origen híbrido y uno cuantos plantones. En 2008 se halló en el cañón Wild Boar Gully un séptimo ejemplar maduro que se sospecha que es también “puro”. Existe además, en la parte continental del condado de Los Ángeles, una pequeña población de árboles procedentes de la Sierra de Santa Catalina que tal vez pertenezcan también a la misma especie, pero se requiere una mayor investigación para confirmarlo.

En lo referente a ejemplares en cultivo, existe al parecer uno en el campus de Blake Estate de la Universidad de California, en Kensington, que se supone que fue recolectado por Willis Linn Jepson a comienzos del siglo XX; si su identidad quedara confirmada, ampliaría significativamente el patrimonio genético de esta rarísima especie. Se sabe de otros ejemplares vivos en los jardines botánicos del Rancho Santa Ana (en Claremont, California), del Parque Regional de Tilden (en Berkeley, California), de Santa Bárbara (California), del Strybing Arboretum (San Francisco, California) y de la Universidad de California (en Berkeley). En cuanto a ejemplares crecidos de semillas, en la década de los treinta se registraron y documentaron en el Golden Gate Park (San Francisco) y en Mill Valley (condado de Marin), pero se desconoce si algunos de estos (o su progenie) sigue vivo hoy en día (Everett, 1957; RSABG, ejemplares de herbario 6211, 7480, 15.457).

En 1982, la *Cercocarpus traskiae* fue declarada “En peligro” por el Estado de California, según la Ley de California sobre especies amenazadas; y el 8 de agosto de 1997 también fue reconocida “En peligro” según la Ley federal sobre especies amenazadas. En la Isla de Santa Catalina, esta caoba corre un grave peligro de hibridación con otra especie cercana, la *Cercocarpus betuloides* var. *blancheae*, que abunda en terrenos adyacentes sustentados por una capa de esquisto azul propio de la isla. Otras amenazas pasadas y presentes incluyen la

depredación y alteración de su hábitat por parte de mamíferos foráneos (cabras –retiradas de la isla desde 2003–, cerdos –casi retirados desde 2007–, bisontes y alces), los incendios y las especies vegetales foráneas e invasivas.

No existe actualmente ningún plan, ni a escala nacional ni regional, de recuperación de la *Cercocarpus traskiae*. Si los análisis genéticos de la población arbórea de la Sierra de Santa Mónica, así como de los ejemplares vivos en diversos cultivos, revelara nuevos especímenes “puros”, con alelos diferentes a los de la población silvestre, los propágulos vegetativos de estos podrían ser reintroducidos en la isla. Sin embargo, debido a las restricciones geográficas de su hábitat y al limitado patrimonio genético de la especie, el futuro de esta sigue hallándose en una situación crítica.

Se ha logrado, no obstante, propagar la especie vegetativamente. Los mejores resultados que se han registrado de ejemplares clonados cultivados (desarrollados a partir de esquejes silvestres) en el jardín botánico del Rancho Santa Ana, en Claremont, se resumen en: (i) se recolectaron 26 esquejes de madera suave, pelando sus extremos y tratándolos con un 10 % de concentrado Dip’N Grow, tras lo cual fueron colocados en un vivero plano de plástico con perlita compactada; (ii) se recolectaron también 45 esquejes de madera semidura, pelando sus extremos y tratándolos con un 20 % de concentrado Dip’N Grow, tras lo cual, el 18 de diciembre de 1997, fueron igualmente colocados en un vivero plano de plástico con perlita compactada. Ambos procedimientos obtuvieron elevadas tasas de éxito.

Pero en lo relativo a semillas silvestres recolectadas de la *Cercocarpus traskiae*, estas raras veces han prosperado en el jardín botánico de Rancho Santa Ana. En 1969 se logró desarrollar el conjunto más exitoso de semillas de origen silvestre, habiendo sido estas recolectadas y sembradas en 1968. El 9 de octubre de ese año, se sembró una escasa cantidad de semillas (menos de 3,5 gramos) en una mezcla de arcilla calcárea, turba rubia, perlita y esfagno, colocando el conjunto en un refrigerador a poco más de 3°C, hasta que el 20 de noviembre fueron devueltas a condiciones ambientales. Como resultado de este experimento, en 1969 un total de 23 plantones fueron trasplantados a macetas de cada vez mayores dimensiones.

Fuente: Bart C. O’Brien, jardín botánico del Rancho Santa Ana, Claremont (California); véase también Wallace et al. (2007).

- **Adaptación.** Si no se logran los resultados esperados, esto puede significar varias cosas: que los presupuestos de partida eran erróneos, o bien que las medidas han sido mal ejecutadas, o que las condiciones en la ubicación del proyecto han cambiado o que ha habido errores en el seguimiento. La adaptación consiste en modificar los presupuestos y las intervenciones en respuesta a la información obtenida durante el seguimiento. Esta es la característica definitoria de la gestión adaptativa.
- **Aprendizaje.** Se refiere a un proceso de documentación sistemática de la gestión del proceso y de los resultados obtenidos. Permite evitar que repitamos los mismos errores en el futuro.

El proceso de gestión adaptativa suele incluir los seis siguientes pasos (Ilustración 2):

4.4. Paso 4: Desarrollar e implementar una estrategia de conservación a largo plazo

Una reintroducción en principio exitosa de especies arbóreas en áreas silvestres no garantiza necesariamente su supervivencia a largo plazo. Para lograr esto, se requiere también el desarrollo e implementación de una estrategia de conservación a largo plazo, lo cual suele requerir el correspondiente compromiso y apoyo a largo plazo de los colaboradores, incluyendo en los mismos a los propietarios de las tierras o a las comunidades locales. Dicha estrategia deberá afrontar los procesos que amenacen a las especies en cuestión o los factores responsables de su declive. Sin un diagnóstico eficaz de dichas amenazas, la conservación puede finalmente desembocar en fracaso; aportamos a continuación una serie de consejos para identificar tales amenazas. Otro

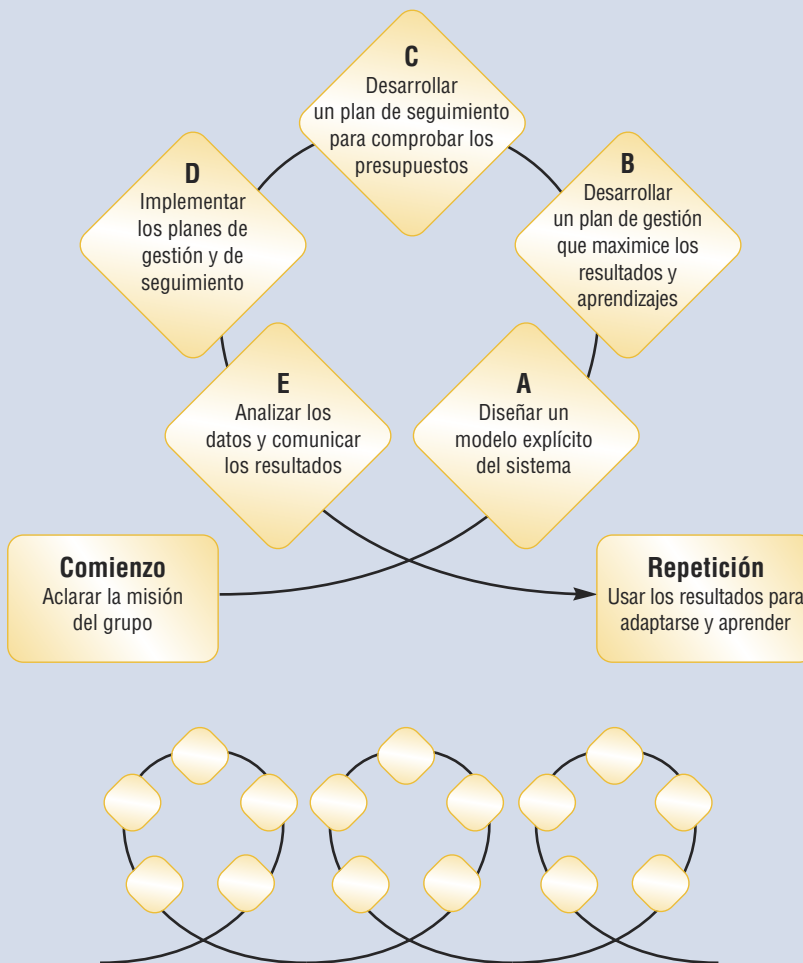


Ilustración 2. El proceso de gestión adaptativa (basado en Salafsky et al. 2001). El Comienzo del ciclo del proceso consiste en la identificación de la misión global. El Paso A incluye una evaluación de las condiciones iniciales en la ubicación del proyecto y una determinación de las mayores amenazas contra la biodiversidad en la misma. El equipo del proyecto puede diseñar un modelo conceptual para definir las relaciones entre las amenazas clave y otros factores y elementos de biodiversidad en la ubicación elegida. El Paso B consiste en usar dicho modelo para desarrollar un plan de gestión del proyecto, destacando los resultados que el equipo pretende obtener así como las medidas específicas para lograrlo. En el Paso C se diseña un plan de seguimiento para ir evaluando los progresos. El Paso D consiste en implementar las medidas de gestión y el plan de seguimiento. El Paso E incluye el análisis de los datos recopilados durante el seguimiento y la comunicación de los mismos a los públicos apropiados. Basándonos en toda esta información, puede ser necesario modificar el modelo conceptual, el plan de gestión o el plan de seguimiento.



Participación de la comunidad en la conservación de árboles. (BGCI)

aspecto a considerar es que la supervivencia de muchas especies a menudo depende de toda una gama de otras especies, incluyendo entre las mismas a las que favorecen la polinización, la dispersión de semillas o el mantenimiento de un entorno de desarrollo adecuado. Por ello, a veces hay que considerar la reintroducción de especies amenazadas como un simple elemento más dentro de un enfoque más global orientado a la restauración de comunidades ecológicas o ecosistemas completos. A continuación, ofrecemos también información sobre este tipo de planteamientos.

4.4.1 Identificación de amenazas

Toda conservación eficaz depende en gran medida de una buena apreciación de las causas de la pérdida de biodiversidad. A pesar de lo cual, sorprendentemente a menudo ni los gestores ni los investigadores en conservación suelen prestar mucha atención a la identificación de tales amenazas. Aún hay mucho que hacer por mejorar los métodos de evaluación de amenazas y de diagnóstico de su impacto, así como la calidad de la información disponible para apoyar las prácticas de gestión de la conservación (Newton, 2007). Sin embargo, no es menos cierto que la identificación de las causas precisas del declive, en términos de abundancia, de una especie particular puede resultar a menudo una tarea sorprendentemente ardua.

Se pueden identificar diferentes tipos de amenazas. Las *amenazas directas* son aquellas directamente responsables de la pérdida o degradación de los bosques, así como de la biodiversidad asociada. Las *amenazas indirectas* son las causas subyacentes de las anteriores. Por ejemplo, una amenaza subyacente puede ser una política estatal responsable de la amenaza directa de reconversión de un bosque en tierras de cultivo. Puede ser preferible utilizar otros

términos para describir las amenazas, como “impulsores” [*drivers*] o “presiones” [*pressures*], cuya mayor neutralidad transmite mejor la idea de que los impactos en la biodiversidad pueden ser tanto negativos como positivos (mientras que el término “amenaza” [*threat*] posee una clara connotación negativa). No obstante, hay que tener en cuenta que diversos autores interpretan estos términos de diferente manera. Salafsky *et al.* (2002) ya han expuesto numerosas de las principales amenazas a la biodiversidad.

Robinson (2005) identifica los siguientes principales métodos para evaluar las amenazas:

- **Modelización conceptual:** utilizada para ilustrar las relaciones entre las amenazas y sus impactos, así como para aportar un marco estratégico de identificación de las intervenciones más apropiadas. Este tipo de planteamiento puede ser implementado de manera muy sencilla, creando por ejemplo un diagrama que ilustre las principales características de un sistema ecológico y cómo se hallan interconectadas, que pueda ser utilizado para explorar los potenciales impactos de los diversos factores que amenazan al sistema.
- **Matrices de amenazas:** estas pueden variar de una simple tabla a marcos lógicos complejos que vinculen las diversas amenazas con las intervenciones que buscan la conservación. Las matrices son relativamente sencillas de implementar y pueden ser actualizadas rápidamente, pero su principal punto débil es que dependen demasiado de información subjetiva. La Tabla 3 constituye un ejemplo de matriz de amenazas.
- **Cartografía participativa de las amenazas:** que puede incluir el uso de mapas pictóricos o de diagramas, para favorecer la obtención de información sobre cambios en la calidad o cantidad de hábitats forestales, o bien sobre la situación de especies particulares a la hora de trabajar con comunidades locales.
- **Cartografía basada en el SIG:** mediante la recopilación de datos espaciales cuantitativos. La aplicación de un SIG (Sistema de Información Geográfica) permite evaluar y representar las amenazas directas, como la fragmentación del hábitat. Se puede acudir a modelos espaciales y estadísticos de cambios en la composición del terreno para explorar e ilustrar los efectos potenciales de las diferentes amenazas sobre la extensión, estructura y composición forestal.

Wilson *et al.* (2005) aportan una revisión detallada del concepto de vulnerabilidad en la planificación de la conservación, señalando que la información sobre las posibles amenazas y sobre la relativa vulnerabilidad de

determinadas áreas y situaciones ante las mismas debe estar presente en todo el proceso de planificación. Pressey *et al.* (1996) definen la vulnerabilidad como «la probabilidad o inminencia de pérdida de biodiversidad debido a amenazas actuales o potenciales». Wilson *et al.* (2005) amplían esta definición distinguiendo tres dimensiones de vulnerabilidad, que serían la exposición, la intensidad y el impacto, y aportan la siguiente información relativa a su medición:

- **La exposición** a una amenaza puede medirse ya sea en términos de la probabilidad de que esta afecte a un área a lo largo de un periodo de tiempo específico, o bien en términos del plazo de tiempo estimado para que determinada área se vea afectada. La exposición suele valorarse mediante categorías discretas, como por ejemplo “elevada”, “media” o “baja” exposición, pero ciertos autores también acuden a escalas continuas. Se pueden utilizar mapas para ilustrar la exposición relativa de diversas áreas a una amenaza específica.
- **La valoración** de la intensidad de una amenaza puede incluir factores como la magnitud, frecuencia y duración de la misma. Puede expresarse, por ejemplo, en términos de la densidad de ganadería, del volumen de madera extraída por hectárea forestal o de la densidad de especies vegetales invasivas. La intensidad también puede expresarse en categorías discretas y cartografiarse en todas las áreas de planificación.
- **El impacto** se refiere a los efectos de los procesos de amenaza sobre factores específicos, como la distribución, abundancia o probabilidades de persistencia de determinadas especies arbóreas. Por ejemplo, es mucho más probable que las talas tengan mayor impacto sobre especies cuya madera resulta muy valorada que sobre otras especies que no constituyen un objetivo directo. El impacto también puede depender del patrón espacial de los procesos de amenaza, por ejemplo, del grado de conexión entre las parcelas forestales restantes tras operaciones de tala.

Puesto que la planificación de la conservación suele tener un carácter esencialmente espacial, un factor clave consiste en saber hasta qué punto se puede cartografiar la vulnerabilidad y, por lo tanto, integrarse como factor con otros datos como la cobertura forestal, los límites geográficos de las áreas de gestión, etc. Según Wilson *et al.* (2005), esto requiere cartografiar previsiones espaciales de la futura difusión de las amenazas. Los mapas de exposición pueden basarse así en la difusión actual de las amenazas y en el conocimiento de las variables que pueden predisponer ciertas áreas o especies a las mismas. Por ejemplo, la probabilidad de que las actividades agrícolas afecten a la conservación suele estar relacionada con la idoneidad del suelo para los cultivos, con la topografía y

con su proximidad a ciertas infraestructuras y centros de población. El impacto es la dimensión de la vulnerabilidad más difícil de cartografiar, pues puede requerir información sobre los efectos en las especies específicas de los diferentes niveles de intensidad, datos espaciales sobre las características de las variaciones en dichos niveles, así como vías para integrar toda esta información en los conjuntos de especies entremezcladas, según los tipos de vegetación y según otros tipos de factores (Wilson *et al.* 2005).

Como señalan Wilson *et al.* (2005), toda evaluación global de la vulnerabilidad ha de tener en cuenta todas las amenazas que afecten a un área e incluir igualmente las respuestas dinámicas a las mismas. Se pueden lograr valoraciones conjuntas de amenazas múltiples mediante su ponderación diferenciada para intentar reflejar su relevancia relativa, idealmente basada en sus respectivos impactos. No hay que olvidar, por otro lado, que los técnicos forestales suelen realizar análisis de riesgos y evaluaciones de peligrosidad, y que ya existe una generosa literatura al respecto, que puede resultar útil en función del contexto de conservación (Newton, 2007). Describimos brevemente a continuación algunos métodos utilizados para la evaluación de los riesgos propios de los tipos de amenazas más relevantes (basado en Newton, 2007):

- **Incendios.** La amenaza de incendios forestales suele valorarse mediante la identificación de los factores potenciales de riesgo, integrándolos en fórmulas e índices matemáticos que reflejen los niveles de riesgo y que permitan su cartografía. Existe una amplia variedad de planteamientos para la obtención de dichos índices, que se diferencian especialmente en términos de las escalas temporales contempladas. Las estimaciones de probabilidad de incendios suelen basarse en variables como la cantidad y tipo de material inflamable, los factores topográficos, las características de la vegetación y las variables meteorológicas.
- **Vendavales.** Existen numerosos planteamientos diferentes para analizar y modelizar el riesgo de abatimiento de árboles por el viento. Los modelos estadísticos acuden a datos empíricos sobre daños recogidos durante años en determinadas áreas, mientras que otros modelos tienen en consideración variables como las características de los árboles o de la masa forestal en términos de resistencia, los flujos de viento en un lugar concreto o la velocidad crítica del viento.
- **Herbívoros.** Realizar una evaluación de los daños provocados por el pastoreo en la regeneración forestal en un periodo de tiempo determinado puede resultar útil para establecer previsiones de impacto en el futuro, por ejemplo, cuando se realicen talas o bien cuando se constate un deterioro de la situación

del bosque. Los efectos del pastoreo y los daños resultantes no suelen ser notables hasta décadas después. Para estimar estos impactos a largo plazo, es necesario adaptar los indicadores a masas forestales jóvenes, desde el momento en que las copas de los árboles quedan fuera del alcance de los rumiantes. Pero el riesgo de daño por acción de los herbívoros depende, en última instancia, del comportamiento de estos, algo que no siempre resulta fácil de predecir, si bien constituye un área activa de investigación.

- **Deforestación.** Las investigaciones indican que la deforestación está relacionada con un amplio abanico de factores, como la densidad y crecimiento demográficos, la expansión agrícola, los niveles de renta de la población y la magnitud del negocio silvícola. Su situación puede evaluarse haciendo un seguimiento de la cobertura forestal en diferentes momentos mediante imágenes de teledetección. Los factores responsables de la deforestación, como la proximidad de carreteras o ciudades, pueden ser analizados estadísticamente.

Actividad	Extensión	Impacto	Recuperación	Grado de amenaza	Descripción de casos
Recolección	Localizada (1)	Leve (1)	A corto plazo (1)	1	La recolección consiste principalmente en la recogida de nueces para el consumo por parte de los habitantes locales. Suele darse en las proximidades a una población adyacente y los recolectores suelen dejar amplias áreas intactas.
Carretera	Dispersa (2)	Moderado (2)	A medio plazo (2)	8	Se planea la construcción de una carretera que atravesará una parte del área protegida. El impacto real de la construcción puede minimizarse mediante la aplicación de buenas prácticas medioambientales. Se tratará de una carretera de acceso de gravilla que sólo será utilizada, según las temporadas, por el personal del parque y por visitantes autorizados.
Turismo	Localizada (3)	Elevado (3)	A corto plazo (1)	9	Recientemente, los turistas han comenzado a recorrer con todoterrenos áreas pantanosas sensibles. El calzado de los turistas y otros objetos personales pueden introducir especies invasivas, incluyendo plagas de hongos.
Caza furtiva	Amplia (3)	Elevado (3)	A medio plazo (2)	18	Se está dando la caza furtiva de especies animales que desempeñan un papel fundamental en la difusión y colonización de las especies arbóreas.
Especies exóticas	Amplia (3)	Elevado (3)	A largo plazo (3)	27	Hay especies invasivas exóticas (como el <i>Hedychium</i> o jengibre silvestre) que se están propagando por todo el bosque, limitando la capacidad de difusión de semillas de los árboles nativos.
Construcción de una presa	General (4)	Muy elevado (4)	Nula (4)	64	Se planea la construcción de una presa hidroeléctrica a gran escala, que inundaría por lo menos la mitad del área protegida.

Tabla 3. Ejemplo de un sencillo método de registro de las diversas presiones o amenazas que pueden afectar a un área forestal (adaptado de Erwin, 2003). Las diversas actividades humanas quedan registradas aplicando escalas bastante sencillas a tres variables: "extensión", "impacto" y "recuperación". La extensión es el área donde tiene lugar el impacto de la actividad. El impacto es el grado en el que la amenaza afecta, directa o indirectamente, a los recursos forestales generales. La recuperación es el periodo de tiempo que necesita el área afectada para recuperarse, con o sin intervención humana. Se calcula entonces una puntuación general ("Grado de amenaza"), mediante la multiplicación de las puntuaciones específicas en cada categoría.

4.4.2 Planteamientos de restauración ecológica

Chazdon (2008) propone una visión panorámica reciente de la restauración ecológica de los bosques, destacando los progresos realizados en numerosos países en el sentido de revertir las recientes pérdidas y degradaciones forestales. Algunas iniciativas han resultado altamente exitosas, como el Área de Conservación de Guanacaste, en Costa Rica, o el proyecto Auroville, en India, que han logrado restaurar extensas áreas de bosques primarios. No obstante, numerosos proyectos de restauración han tenido que afrontar importantes retos, como la dificultad de abordar múltiples amenazas simultáneas o bien de superar una grave degradación ecológica.

Un planteamiento particularmente valioso es lo que se denomina: Restauración del Paisaje Forestal (RPF). Este concepto fue desarrollado inicialmente por WWF y la UICN en respuesta al fracaso generalizado de los planteamientos de restauración forestal más tradicionales. Dichos planteamientos solían ser muy locales, girar mucho en torno a uno o pocos elementos forestales y basarse demasiado en la plantación de árboles de una cantidad limitada de especies, no logrando así abordar realmente las causas primigenias de la pérdida o degradación forestal (Dudley *et al.*, 2005). La RPF supone un alejamiento significativo de todos estos planteamientos (véase la Tabla 4); su desarrollo y



(Brent Stirton/Getty images/WWF UK)

aplicación se ha convertido en una de las principales actividades de los Programas Forestales de WWF y de la UICN, siendo además apoyada por el desarrollo de la Asociación Mundial para la Restauración del Paisaje Forestal (<<http://www.ideastransformlandscapes.org/>>), que de momento engloba a más de 25 organizaciones. Para obtener más información sobre el planteamiento de la RPF, véanse Lamb y Gilmour (2003), Mansourian *et al.* (2005), Rietbergen-McCracken *et al.* (2007), Newton y Tejedor (2011) y Newton *et al.* (2012).

Los diferentes planteamientos de la restauración forestal varían en función de sus costes relativos, de sus beneficios para la biodiversidad y de su impacto potencial en el suministro de otros servicios ecológicos, como la regulación hídrica o el ciclo de los nutrientes (véase la Tabla 5). En términos generales, los mejores métodos son aquellos que permiten a los bosques recuperarse de forma natural, mediante un proceso gradual (“restauración pasiva”). Para permitir que se dé esta recuperación gradual, hay que cumplir las siguientes condiciones (Lamb y Gilmour, 2003):

- **Hay que eliminar los agentes que han originado el deterioro.** Si siguen activos dichos agentes, como los incendios, la extracción de madera o el pastoreo incontrolados, el progreso de la recuperación quedará interrumpido y comprometido.
- **Las especies vegetales y animales deben volver a poblar la ubicación** o la región, por lo que deben ser libres de extenderse por todo el paisaje y de recolonizar las áreas degradadas. Cuanto más alejadas se mantengan las especies autóctonas de dichas áreas, más lento será el proceso de recolonización. La conexión de islas de hábitats mediante “eslabones ecológicos” puede incrementar el ritmo del proceso de recuperación. Este es otro de los argumentos por los que conviene planificar la restauración forestal a una escala de todo el paisaje.
- **El suelo de la ubicación debe estar razonablemente intacto.** En caso de grave erosión o de importante agotamiento de la fertilidad, el suelo puede dejar de ser adecuado para las especies originales, de manera que otras especies, que tal vez no sean autóctonas, pueden llegar a invadirlo.
- **Hay que excluir o controlar las malas hierbas,** las especies exóticas invasoras y las plagas animales, si queremos que la comunidad original se recupere exitosamente.

En ocasiones, el bosque se halla tan degradado que su capacidad de recuperación natural resulta muy limitada. En tales casos, tal vez haya que acudir a una recuperación arbórea artificial, mediante métodos como la siembra directa de semillas o el uso de plántones arbóreos (véase la Tabla 5). En este tipo de actuaciones, existen algunas decisiones clave (Newton, 2007):

Estudio de caso 17:**Árboles y arbustos autóctonos para la restauración forestal en Madagascar**

En Madagascar se están llevando a cabo restauraciones forestales a varias escalas para restablecer la continuidad de los bosques, mejorar las áreas protegidas, restaurar zonas mineras abandonadas y recuperar los hábitats de determinadas especies. La producción y plantación de árboles jóvenes, que requiere una inversión significativa, se vería muy beneficiada por un aumento del intercambio de información entre diferentes proyectos, mejorando así las probabilidades de éxito. El Jardín Botánico de Misuri está colaborando con una ONG local, llamada Fikambanana Miaro ny Sohisika eto Tampoketsana (FMST), y con otros grupos para estudiar, conservar y expandir el bosque Ankafobe, donde se halla la mayoría de los ejemplares supervivientes del árbol “Críticamente amenazado” *Schizolaena tampoketsana*.

El área de Ankafobe se compone de parcelas de un húmedo bosque de árboles de hoja perenne, rodeadas de praderas antropogénicas. Para promover la regeneración forestal natural, se han establecido cortafuegos y actividades de patrullaje, en paralelo a una intensa labor de restauración utilizando ejemplares jóvenes de árboles y arbustos autóctonos.

En enero de 2008, se plantaron los plántones de 19 especies, procedentes de las muestras de las semillas maduras que se pudieron recolectar durante los dos años anteriores. Estas fueron desarrolladas en un vivero al aire

libre organizado por el proyecto en el pueblo de Firarazana. Los viveros consistían en lechos de propagación, protegidos y contruidos con madera local, provistos de tejadillos de bambú para asegurar la sombra. Las semillas se obtuvieron retirándolas de los frutos y lavándolas, descartando aquellas que se hallaban dañadas. Fueron inmediatamente sembradas en compost, compuesto de un tercio de estiércol bien fermentado, otro tercio de arena de río y el último tercio del estrato más superficial del suelo del propio bosque. Se esperó a que los plántones desarrollaran por lo menos una hoja antes de ser trasplantados a tiestos de polietileno rellenos de compost, que fueron colocados en lechos de vivero sombreados, para que se acabaran de desarrollar ahí. Se les sometió a una habituación progresiva a la luz y fueron trasplantados en edades comprendidas entre 8 y 20 meses. Las replantaciones se realizaron al comienzo de la estación húmeda en praderas ubicadas en laderas de los valles altos que fueron antiguamente partes del bosque original. Cada plántón fue plantado en un amplio agujero, donde se mezcló estiércol bien fermentado con el suelo del lugar. Se seleccionaron al azar entre 4 y 10 plántones de cada especie para llevar a cabo un seguimiento, marcándolos con estacas numeradas.

Las especies autóctonas trasplantadas en 2008 presentan considerables variaciones en cuanto a tasas de supervivencia y de crecimiento, lo que demuestra los beneficios de realizar ensayos como parte de la restauración forestal.

Fuente: Birkinshaw et al. (2009)

- **¿Qué cantidad de árboles conviene plantar y según qué distribución?** Se puede acudir a investigaciones de campo sobre las características del suelo y de los accidentes topográficos en la ubicación a restaurar, junto con información sobre la autoecología de las especies arbóreas elegidas, para asegurarse de que estas se correspondan



Jardín Botánico de Tooro– involucrando a la comunidad. (BGC)

adecuadamente con las microubicaciones donde van a ser instaladas. Si el objetivo consiste en tratar de imitar las estructuras forestales naturales, entonces la distancia entre los árboles ha de ser irregular y los ejemplares de cada especie deben quedar agrupados.

- **¿De qué fuentes obtener las semillas y plántones?** Para restaurar con éxito bosques primarios, el material de plantación debe estar lo mejor adaptado posible a las condiciones imperantes en la ubicación, por lo que conviene acudir a fuentes locales.
- **¿Qué proporción del área elegida debe ser reforestada?** Puede ser importante para el hábitat silvestre mantener espacios abiertos dentro del área forestal, por lo que se debe dejar sin planificar hasta un 30 % ó 40 % de la misma, tanto para asegurar a largo plazo la existencia de espacios abiertos como para reservar zonas de cara a futuras restauraciones arbóreas por regeneración natural o por plantación.

Tabla 4. Elementos de la Restauración del Paisaje Forestal (RPF), según Mansourian (2005).

- Se aplica a escala de todo el paisaje, más que a una única ubicación, lo que supone que la restauración forestal se planifica dentro de un contexto más amplio que contiene también elementos sociales, económicos y biológicos, que forman ya parte del paisaje. Lo que no significa necesariamente plantar árboles por todo este paisaje, sino más bien ubicar estratégicamente los bosques en aquellas áreas idóneas para lograr una serie de diversos objetivos funcionales programados (p. ej., hábitats para especies particulares, estabilización del suelo, aportación de materiales de construcción para las comunidades locales, etc.)
- Cubre dimensiones tanto ecológicas como socioeconómicas. De esta manera, los diversos actores con intereses implicados se sentirán más dispuestos a colaborar positivamente en la restauración.
- Supone abordar las causas primigenias de la pérdida y degradación de los bosques. A veces, una restauración forestal puede resultar exitosa dirigiéndose simplemente a aquello que ha originado el deterioro del bosque (como diversos incentivos perversos o el pastoreo intensivo). Esto también significa que, cuando no se abordan las causas originales de la pérdida y degradación forestal, todo esfuerzo de restauración tiene muchas probabilidades de resultar estéril.
- Ofrece todo un conjunto de soluciones. No existe una única técnica de restauración que pueda ser aplicada a todas las situaciones. En cada caso, resulta necesario cubrir toda una serie de elementos y la manera de hacerlo depende de las condiciones locales. El conjunto de soluciones puede incluir pues técnicas prácticas (como la agrosilvicultura, las plantaciones de enriquecimiento o la regeneración natural a escala de todo el paisaje), pero también análisis políticos, formación e investigación.
- Implica a toda una serie de actores con intereses en la cuestión, tanto en la planificación como en la toma de decisiones, para alcanzar soluciones aceptables para todos y, por lo tanto, sostenibles. La decisión sobre qué objetivos perseguir a largo plazo a la hora de restaurar un paisaje debería de hacerse, de forma ideal, a través de un proceso que incluya a representantes de los diversos grupos de interés del entorno, para poder lograr, sino un consenso, por lo menos un compromiso que resulte aceptable para todo el mundo.
- Suele suponer la definición y negociación de compensaciones para los actores implicados. En relación con el punto anterior, cuando no se puede llegar a un consenso los diversos grupos de interés deben negociar y aceptar una alternativa que tal vez no sea la ideal desde la perspectiva particular de cada uno pero que constituya una solución aceptable para todos.
- Concede gran importancia a la situación del bosque no sólo en términos cuantitativos, sino también en cuanto a su calidad. Numerosos responsables políticos, a la hora de plantearse una restauración forestal, tienden a pensar básicamente en hectáreas de árboles a replantar, cuando a menudo una mejora de la calidad de los bosques ya existentes puede lograr mayores beneficios a un coste inferior.
- Se orienta a restaurar toda una serie de productos, servicios y procesos forestales, más que a recuperar la cobertura forestal porque sí. Lo importante no son tanto los árboles por sí mismos, como todas las ventajas derivadas de tener unos bosques sanos, como la recuperación del ciclo de los nutrientes, la estabilización del suelo, la conservación de plantas medicinales y alimenticias, la aportación de un hábitat para diversas especies animales, etc. La inclusión en el proceso de planificación de toda esta amplia gama de beneficios potenciales facilita planteamientos mucho más precisos a la hora de elegir técnicas de restauración, ubicaciones y especies arbóreas. También permite una mayor flexibilidad en las negociaciones con los diversos grupos de interés, al presentar un gran abanico de beneficios, en vez de tan sólo uno o dos.
- La restauración del paisaje forestal va pues más allá del simple restablecimiento de la cobertura forestal en sí. Su objetivo consiste en lograr un paisaje que esté provisto de bosques valiosos, es decir, por ejemplo, que en parte sirvan para suministrar madera, que favorezcan también los cultivos de subsistencia mejorando las condiciones de cultivo y protegiendo el suelo, que potencien hábitats de biodiversidad así como la disponibilidad de ciertos productos de consumo.



Aloe dichotoma (SANBI)



Ceiba trichistandra un árbol del bosque seco tropical amenazado en Ecuador. (BGCI)

Método	Coste directo relativo	Ritmo relativo de regeneración de la biodiversidad	Beneficios potenciales de los servicios ecológicos
(a) Centrándonos principalmente en la restauración de la biodiversidad			
Restauración pasiva	Bajo	Lento	Elevados
Plantación de enriquecimiento	Bajo-moderado	Lento-moderado	Elevados
Siembra directa	Bajo-moderado	Moderado	Elevados
Plantaciones dispersas	Bajo	Lento	Moderados
Plantaciones cercanas de pocas especies	Moderado	Moderado	Elevados
Plantaciones intensivas	Elevado	Rápido	Elevados
(b) Centrándonos principalmente en la productividad y biodiversidad			
Acondicionamiento de bosques secundarios	Bajo-moderado	Moderado	Elevados
Plantaciones de enriquecimiento	Bajo-moderado	Moderado	Moderados-elevados
Silvicultura	Moderado-elevado	Moderado	Moderados-elevados
Plantaciones de monocultivos con zonas tampón	Elevado	Lento	Moderados
Mosaicos de monocultivos	Elevado	Lento	Bajos-moderados
Plantaciones con especies mezcladas	Elevado	Lento	Moderados
Desarrollo de monte bajo	Bajo	Lento	Moderados-elevados

Tabla 5. Costes y beneficios relativos de los diversos métodos de restauración de la degradación forestal (según Lamb y Gilmour, 2003):

Otra cuestión clave consiste en la necesidad de realizar un seguimiento de los progresos, de forma ideal como parte de un ciclo de gestión adaptada (véase el Punto 4.3.4). Numerosos proyectos de restauración desatienden este importante aspecto. Una vez identificados los objetivos de restauración y de gestión, se requiere el desarrollo de indicadores que permitan realizar un seguimiento de los progresos hacia dichos objetivos. Como mínimo, es necesario ir controlando las dimensiones y estructura de las poblaciones de especies arbóreas reintroducidas, pero lo más eficaz es que el proceso de seguimiento se amplíe para incluir variables como la regeneración natural de los árboles jóvenes, la extensión de la cobertura forestal, la presencia de polinizadores y de diseminadores de semillas, etc. Newton (2007) propone una visión panorámica general de las técnicas que pueden aplicarse para llevar un seguimiento de los ecosistemas forestales.

4.4.3 Implementación de una estrategia de conservación integral a largo plazo

Sutherland (2000) nos ofrece un valioso repaso de los elementos incluidos en las estrategias de conservación exitosas, que resultan relevantes para los planteamientos integrales aquí considerados. Dichos elementos incluyen (Sutherland, 2000):

- **Desarrollo de planes de conservación efectivos.** Numerosos proyectos resultan un fracaso debido a una pobre planificación, especialmente en situaciones que exigen proyectos complejos y que involucran a numerosos colaboradores. Es pues muy importante repasar cuidadosamente toda la información y todas las opciones existentes, para asegurarse de que se hayan identificado los planteamientos más apropiados. El proceso de planificación incluye una definición de las prioridades adecuadas, una organización de las actividades atendiendo a secuencias lógicas y abarcables, una asignación de responsabilidades de actuación que incluya a los públicos locales, una acotación de los presupuestos previstos para el plan y de sus componentes y una previsión de cómo supervisar y evaluar el éxito de las actuaciones emprendidas.
- **Gestión organizativa.** Los problemas organizativos suelen suponer uno de los puntos débiles de numerosos programas de conservación. El liderazgo constituye un aspecto importante, en términos de orientación, inspiración, confianza y entusiasmo. Es necesario que los gestores propongan sistemas sencillos, criterios claros para el seguimiento de los factores verdaderamente importantes (p. ej., dimensiones de las poblaciones de las especies en cuestión), responsabilidades personales y grupales claramente definidas y que fomenten la capacidad de los actores para trabajar colectivamente. Una captación de fondos efectiva también puede resultar una parte importante de la gestión organizativa, lo que conlleva retos específicos.
- **Educación.** Resulta esencial considerar el potencial educativo de todo proyecto de conservación, pues, en última instancia, el éxito del mismo va a depender del apoyo público, del cual pueden derivarse sus posibilidades políticas y financieras. La superación de la indiferencia hacia los problemas de conservación puede depender de las oportunidades de dar a conocer las áreas y especies afectadas, así como de iniciativas educativas que destaquen la importancia ecológica, estética, cultural, espiritual, recreativa y económica de estas. Si bien tradicionalmente las iniciativas educativas relacionadas con la conservación han tendido a centrarse mucho en argumentos científicos, una perspectiva más amplia puede cosechar importantes apoyos.
- **Cambios políticos.** Las principales vías para lograr cambios reales son la educación, el diálogo, los incentivos económicos y las modificaciones legales. Esto último puede conseguirse mediante campañas públicas, que es una vía muy utilizada por numerosas organizaciones ecologistas. La idea consiste en generar una preocupación pública que desemboque en una demanda de cambios al respecto. Pero esta vía suele requerir más una constancia y tenacidad en pequeñas iniciativas cotidianas que actitudes visionarias de grandes soluciones mágicas en un lejano futuro. Una forma a menudo eficaz de progresar en una causa específica consiste en la creación de una ONG o plataforma que unifique a todos aquellos que comparten intereses comunes.
- **Gestión de la explotación y de un uso sostenible.** La sobreexplotación es la principal amenaza para muchas especies, que no obstante constituyen también un recurso vital para la subsistencia de numerosas poblaciones humanas. Resulta por lo tanto imprescindible que los planteamientos adoptados permitan un cultivo y gestión sostenibles de las especies. Newton (2008) aborda precisamente cómo lograr esto en la práctica en el caso de las especies arbóreas. Cuando una de estas especies constituye un recurso vital para la población, es pues recomendable incluir criterios para su uso sostenible dentro del planteamiento integral de conservación. De esta manera, las medidas de conservación pueden suponer una contribución positiva al desarrollo sostenible y al alivio de la pobreza, lo que sin duda reforzará el apoyo público a las mismas. Iniciativas como la reserva de ciertas áreas para la conservación natural mediante un reconocimiento formal de protección, o bien una gestión sostenible de áreas de silvicultura comercial, una gestión forestal comunitaria o incluso proyectos de conservación en los propios campos de cultivo, son todas medidas que ofrecen interesantes oportunidades para la conservación *in situ* de especies arbóreas amenazadas,

5. Pasando a la acción

La conservación y restauración integral de numerosas especies arbóreas amenazadas constituye ya una cuestión urgente, además de suponer una interesante oportunidad de actuación para los jardines botánicos. Estos pueden así llevar la iniciativa en temas medioambientales y demostrar a las organizaciones públicas y privadas de gestión territorial el valioso papel que desempeñan, convirtiéndose en participantes activos en la lucha contra los peligros que amenazan a las especies arbóreas, a los ecosistemas de los que forman parte y a los medios de vida de las poblaciones que dependen de ellos. Es cierto que los factores a considerar son numerosos y complejos y que no existen demasiados casos de éxito que puedan servir de inspiración. La mayor parte de la literatura existente sobre iniciativas de reintroducción se refiere a especies herbáceas, por lo que es necesario cubrir esta laguna con respecto a las especies arbóreas, que plantean algunos retos diferentes. Esperamos que este manual de

referencia logre suscitar respuestas y estimular este ámbito. El acceso a recursos financieros casi siempre resulta complicado, pero no es menos cierto que la conservación ecológica es una actividad cada vez más reconocida, dentro de la cual la restauración de poblaciones arbóreas y de su biodiversidad constituye un elemento esencial. Por ejemplo, la Global Trees Campaign, una iniciativa conjunta de BGCI y de Fauna & Flora International, tiene como objetivo la conservación de las especies arbóreas más amenazadas a escala global y de sus hábitats. Otra campaña recientemente presentada es la Ecological Restoration Alliance of botanic gardens, coordinada por BGCI, que ha asociado a numerosos jardines botánicos en un plan de restauración de 100 ecosistemas degradados y dañados repartidos por todo el mundo. Por favor, únase a nosotros para compartir sus experiencias y colaborar en la restauración y conservación de los árboles amenazados en todo el planeta.



Caoba creciendo en su hábitat natural. (Juan Pablo Moreiras / FFI)

Referencias bibliográficas:

- Akeroyd, J. y Wyse Jackson, P. (1995). *A handbook for botanic gardens on the reintroduction of plants to the wild*. Botanic Gardens Conservation International, Kew, Richmond, Reino Unido.
- Allnutt, T.R., Thomas, P., Newton, A.C. y Gardner, M. F. (1998). «Genetic variation in *Fitzroya cupressoides* cultivated in the British Isles, assessed using RAPDs». *Botanical Journal of Edinburgh*, n° 55(3), págs. 329-341.
- Allnutt, T.R., Curtis, J.R., Gardner, M. y Newton, A.C. (2001). «Genetic variation in wild Chilean and cultivated British populations of *Podocarpus salignus* D. Don (Podocarpaceae)». *Edinburgh Journal of Botany*, n° 58(3), págs. 459-473.
- Armstrong, D.P. y Seddon, P.J. (2008). «Directions in reintroduction biology». *Trends in Ecology and Evolution*, n° 23, págs. 20-25.
- Birkinshaw, C., Andrianjafy, M. y Rasolofonirina, J.-J. (2009). «Survival and growth of seedlings of 19 native tree and shrub species planted in degraded forest as part of a forest restoration project in Madagascar's highlands». *Madagascar Conservation and Development*, n° 4(2), págs.128-131.
- Blythe, E.K. (2007). «Dispelling myths in plant propagation information». *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society*, n° 57, págs. 657-659.
- Brandon, K., Redford, K.H. y Sanderson, S.E. (eds.) (1998). *Parks in Peril. People, Politics and Protected Areas*. Island Press, Washington D.C.
- Bullock, J.M., Aronson, J., Newton, A.C., Pywell, R.F. y Rey-Benayas, J.M. (2011). «Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities». *Trends in Ecology and Evolution*, n° 26(10), págs. 541-549.
- Butchart, S.H.M., Walpole, M., Collen, B. et al. (2010). «Global biodiversity: indicators of recent declines». *Science*, n° 328 (5982), págs. 1164-1168.
- CPC (Center for Plant Conservation). 1991. «Genetic sampling guidelines for conservation collections of endangered plants». En: Falk, D.A. y Holsinger, K.E. (eds.). *Genetics and conservation of rare plants*. Oxford University Press, Nueva York.
- Chape S., Harrison, J., Spalding, M. y Lysenko, I. (2005). «Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets». *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, n° 360, págs. 443-455.
- Chazdon, R.L. (2008). «Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands». *Science*, n° 320, págs. 1458-1460.
- Costanza R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. y Van den Belt, M.. (1997). «The value of the world's ecosystem services and natural capital». *Nature* n° 387, págs. 253-260.
- Cunningham, A.B. y Mbenkum, F.T. (2003). «Sustainability of harvesting *Prunus africana* bark in Cameroon. A medicinal plant in international trade». *People and plants working papers*, n° 2. UNESCO. París, Francia.
- Cunningham, A.B. (2005). «CITES Significant Trade Review of *Prunus africana*». <<http://www.cites.org/eng/com/pc/EC-PC16-10-02.pdf>>
- DSEWPC (2008) «Approved Conservation Advice for *Eucalyptus imlayensis* (Imlay Mallee)». *Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities (DSEWPC) - Australian Government*. [En línea] 2008. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2011.] <<http://www.environment.gov.au/biodiversity/threatened/species/pubs/12623-conservation-advice.pdf>>
- De-Zhu, L. y Pritchard, H.W. (2009). «The science and economics of *ex situ* plant conservation». *Trends in Plant Science*, n° 14(11), págs. 614-621.
- Dillard, S. (2005). «Propagating wild collected seed of woody species». *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society*, n° 55, págs. 393-394.
- Dirr, M.A. y Heuser, C.W. (2006). *The reference manual of woody plant propagation: from seed to tissue culture*. Segunda Ed. Timber Press, Portland.
- Dudley, N., Mansourian, S. y Vallauri, D. (2005). «Forest Landscape Restoration in context». En: Mansourian, S., Vallauri, D., Dudley, N. (eds.), *Forest restoration in landscapes: beyond planting trees*. Springer, Nueva York, págs. 3-7.

- Ehtisham-UI-Haq, M., Allnutt, T.R., Armesto, J.J., Smith, C., Gardner, M., y Newton, A.C. (2001). «Patterns of genetic variation in the threatened Chilean vine *Berberidopsis corallina* Hook. f. sampled *in* and *ex situ*, detected using RAPD markers». *Annals of Botany*, n° 87(6), págs. 813-821.
- Ervin, J. (2003). *WWF: Rapid Assessment and Prioritization of Protected Area Management (RAPPAM) Methodology*. WWF Gland, Suiza.
- Fahselt, D. (2007). «Is transplantation an effective means of preserving vegetation?» *Canadian Journal of Botany*, n° 85, págs. 1007-1017.
- Falk, D.A. (1987). «Integrated conservation strategies for endangered plants». *Natural Areas Journal*, n° 7, págs. 118-123.
- Falk, D.A., Millar, C.I. y Olwell, P. (1996). *Restoring Diversity: Strategies for Reintroduction of Endangered Plants*. Island Press.
- FAO. (2010). «Global forest resources assessment, 2010 – Main report». *FAO Forestry Paper* n° 163. Roma, Italiay. (También disponible en: <www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>).
- FAO (2011). *State of the World's Forests 2011*. FAO, Roma.
- Gardner, M.F. (2003) «The International Conifer Conservation Programme». *Acta Horticulturae* (ISHS), n° 615, págs. 405-409.
- Gibbs, D. (2010) «Conserving trees through partnership». *Roots* n° 7(2), págs. 9-11.
- Godefroid, S., Piazza, C., Rossi, G., Buord, S., Stevens, AD., Agurauja, R., Cowell, C., Weekley, C.W., Vogg, G., Iriondo, J.M., Johnson, I., Dixon, B., Gordon, D., Magnanon, S., Valentin, B., Bjureke, K., Koopman, R., Vicens, M., Virevaire, M. y Vanderborcht, T. (2010). «How successful are plant species reintroductions?» *Biological Conservation*, n° 144, págs. 672-682.
- Goldstein, J.H., Pejchar, L. y Daily, G.C. (2008). «Using return-on-investment to guide restoration: a case study from Hawaii». *Conservation Letters*, n° 1, págs. 236-243.
- Gosling, P.G., Ives, L.M., Cunningham, V.J., Hechenleitner V, P., Brownless, P. y Thomas, P. (2005). «Preliminary advice on fruit handling, seed pretreatment and 'germination' of embryos of *Prumnopitys andina*». *Sibboldia*, n° 3, págs. 41-50.
- Govaerts, R. (2001). «How many species of seed plants are there?» *Taxon*, n° 50, págs. 1085-1090.
- Guerrant, E.O. Jr., Fiedler, P.L., Havens, K. y Maunder, M. (2004a). «Revised genetic sampling guidelines for conservation collections of rare and endangered plants». En *Ex situ plant conservation: supporting species survival in the wild*, E. O. Guerrant Jr., K. Havens y M. Maunder eds., págs. 419-38. Island Press, Washington D.C.
- Guerrant, E.O., Havens, K. y Maunder, M. (Eds.) (2004b). *Ex situ plant conservation: supporting species survival in the wild*. Island Press, Washington D.C.
- Hansen, M.C., Stehman, S.V. y Potapov, P.V. (2010). «Quantification of global forest cover loss». *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, n° 107, págs. 8650-8655.
- Havens, K., Vitt, P., Maunder, M., Guerrant, E.O. y Dixon, K. (2006). «*Ex situ* plant conservation and beyond». *BioScience*, n° 56(6), págs. 525-531.
- Isbell, F., Calcagno, V., Hector, A., Connolly, J., Harpole, W.S., Reich, P.B., Scherer-Lorenzen, M., Schmid, B., Tilman, D., van Ruijven, J., Weigelt, A., Wilsey, B.J., Zavaleta, E.S. y Loreau, M. (2011). «High plant diversity is needed to maintain ecosystem services». *Nature*, n° 477, págs. 199-202.
- Kaye, T.N. (2008). «Vital steps toward success of endangered plant reintroductions». *Native Plants Journal*, n° 9(3), págs. 313-322.
- Kettle, C.J. 2010. «Ecological considerations for using dipterocarps for ecological restoration in SouthEast Asia». *Biodivers. Cons.* n° 19, págs. 1137-1151.
- Kramer, A., Hird, A., Shaw, K., Dosman, M. y Mims, R. (2011). Conserving North America's threatened plants: *Progress report on Target 8 of the Global Strategy for Plant Conservation*. Botanic Gardens Conservation International, Estados Unidos.
- Kramer, A. y Pence, V. (2012). «The challenges of *ex situ* conservation for threatened oaks». *International Oaks (Journal of the International Oak Society)*. En publicación.
- Lamb, D. and Gilmour, D. (2003). *Rehabilitation and restoration of degraded forests*. IUCN y WWF, Gland, Suiza.
- Li, Y., Chen, Z., Zhang, X., Wu, T., Lu, H. y Cai, Y. (2005). «Genetic differences between wild and artificial populations of *Metasequoia glyptostroboides*: Implications for Species Recover». *Conservation Biology*, n° 19(1), págs. 224-231.
- Longman, K.A. (2002). *Preparing to plant tropical trees*. Commonwealth Secretariat, Londres.

- Longman, K.A. (2002). *Rooting cuttings of tropical trees*. Commonwealth Secretariat, Londres.
- Longman, K.A. (2002). *Tropical trees: a practical manual for growing good nursery stock*. Commonwealth Secretariat, Londres.
- Longman, K.A. (2003). *Raising seedlings of tropical trees*. Commonwealth Secretariat, Londres.
- MacDonald, B. (2000). *Practical woody plant propagation for nursery growers*. Timber Press, Oregón.
- Mansourian, S. (2005). «Overview of forest restoration strategies and terms». En *Forest Restoration in Landscapes. Beyond Planting Trees*, S. Mansourian, D. Vallauri y N. Dudley (eds.), págs. 8-13. Springer, Nueva York.
- Mansourian, S., Vallauri, D. y Dudley, N. (eds.) (2005). *Forest restoration in landscapes. Beyond planting trees*. Springer, Nueva York.
- Margoluis, R., y Salafsky, N. (1998). *Measures of success: designing, managing, and monitoring conservation and development projects*. Island Press, Washington, D.C.
- Maschinski, J., Albrecht, M.A., Monks, L. y Haskins, K.E. (2012). «Center for Plant Conservation best reintroduction practice guidelines». En *Plant reintroduction in a changing climate. Promises and perils*, J. Maschinski y K.E. Haskins (eds.), págs. 277-306. Island Press, Washington.
- Maunder, M. (1992) «Plant reintroduction: an overview». *Biodiversity and Conservation* n° 1(1), págs. 51 -61
- Maunder, M., Guerrant, E.O., Havens, K. y Dixon, K.W. (2004a). «Realizing the full potential of *ex situ* contributions to global plant conservation». En *Ex Situ plant conservation: supporting species survival in the wild*, E.O. Guerrant Jr., K. Havens y M. Maunder (eds.), págs. 389-418. Society for Ecological Restoration International and Center for Plant Conservation. Island Press, Washington.
- Maunder, M., Havens, K., Guerrant, E.O. y Falk, D.A. (2004b). «*Ex situ* methods: a vital but underused set of conservation resources». En: *Ex situ plant conservation: supporting species survival in the wild*, E.O. Guerrant Jr., K. Havens y M. Maunder (eds.), págs. 3-20. Society for Ecological Restoration International and Center for Plant Conservation. Island Press, Washington.
- McHaffie, H., Frachon, N. y Robertson, A. (2011). «Starting a conservation collection of *Sorbus pseudomeinichii* – the Catacol whitebeam». *Sibbaldia*, n° 9, págs. 171-178.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Island Press, Washington D.C.
- Montero, E.T. (ed.) (2011) Plan Nacional de Conservación del Toromiro , *Sophora Toromiro*. CONAF. Easter Island.
- Nellemann, C. y Corcoran, E. (eds.) (2010). *Dead planet, living planet - biodiversity and ecosystem restoration for sustainable development*. United Nations Environment Programme, Arendal, Noruega.
<<http://www.grida.no/publications/rr/dead-planet/>>
- Nepstad, D.C., Stickler, C.M., Soares-Filho, B. y Merry, F. (2008). «Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point». *Phil. Trans. R. Soc. B*, n° 363, págs. 1737-1746.
- Newton, A.C. (2007). *Forest ecology and conservation: a handbook of techniques*. Oxford University Press, Oxford.
- Newton, A.C. (2008). «Conservation of tree species through sustainable use: how can it be achieved in practice?» *Oryx*, n° 42(2), págs. 195-205.
- Newton, A.C. y Oldfield, S. (2008). «Red Listing the world's tree species: a review of recent progress». *Endangered Species Research*, n° 6, págs. 137-147.
- Newton, A.C., del Castillo, R.F., Echeverría, C., Geneletti, D., González-Espinosa, M., Malizia, L., Premoli, A.C., Rey Benayas, J.M., Smith-Ramírez, C. y Williams-Linera, G. (2012). «Forest landscape restoration in the drylands of Latin America». *Ecology and Society* n° 17 (1), pág. 21. [en línea]:
<<http://www.ecologyandsociety.org/vol17/iss1/art21/>>
- Newton, A.C. y N. Tejedor (eds.) (2011). *Principles and practice of forest landscape restoration: case studies from the drylands of Latin America*. IUCN, Gland, Suiza.
- NSW OEH (2011). «Rescue mission to save critically endangered far south coast Eucalypt». *New South Wales Government - Office of Environment and Heritage (NSW OEH)*. [En línea] 2011. [Consultado: 14 de noviembre de 2011.] <<http://www.anbg.gov.au/gardens/about/media/11-09-07-Mt-lmlay.pdf>>
- Oldfield, S., Lusty, C. y MacKinven, A. (1998). *The world list of threatened trees*. World Conservation Press, WCMC, Cambridge.
- Paterson, D. (2003). «Repatriation of rhododendron plants to China». *Sibbaldia*, n° 1, págs. 29-34.

- Pressey, R.L., Ferrier, S., Hager, T.C., Woods, C.A., Tully, S.L. y Weinman, K.M. (1996). «How well protected are the forests of north eastern New South Wales? Analyses of forest environments in relation to formal protection measures, land tenure and vulnerability to clearing». *Forest Ecology and Management*, n° 85, págs. 311–333.
- Probert, C., Ali, N y Sharrock, S. (comp.) (2011). *A REDD+ manual for botanic gardens*. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK & Royal Botanic Gardens, Kew, Londres.
- Rietbergen-McCracken, J., S. Maginnis y A. Sarre (2007). *The forest landscape restoration handbook*. Earthscan, Londres.
- Robinson, D. (2005). «Assessing and addressing threats in restoration programmes». En *Forest restoration in landscapes. Beyond planting trees*. S. Mansourian, D. Vallauri y N. Dudley (eds.), págs. 73-77. Springer, Nueva York.
- Salafsky, N., Margoluis, R. y Redford, K. (2001). *Adaptive management: a tool for conservation practitioners*. Biodiversity Support Program, Washington, D.C.
- Salafsky, N., Margoluis, R., Redford, K. y Robinson, J. (2002). «Improving the practice of conservation: a conceptual framework and agenda for conservation science». *Conservation Biology*, n° 16, págs. 1469-1479.
- Stickler, C.M., Nepstad, D.C., Coe, M.T., McGrath, D.G., Rodrigues, H.O., Walker, W.S., Soares, B.S. y Davidson, E.A. (2009) «The potential ecological costs and cobenefits of REDD: a critical review and case study from the Amazon región». *Global Change Biology*, n° 15, págs. 2803-2824.
- Sutherland, W.J. (2000). *The conservation handbook. research, management and policy*. Blackwell Science, Oxford.
- Tubesing, C.E. (1998). «Magnolias with a future: propagation and nursery cultura». En: Hunt, D. (ed.) *Magnolias and their allies. Proceedings of an International Symposium, Royal Holloway, University of London, Egham, Surrey, UK, April 1996*. International Dendrology Society and the Magnolia Society.
- UNEP (2009) *Vital forest graphics*. FAO, UNEP, UNFF. UNEP GRID, Arendal, Noruega.
- UNFCCC (2009). *Uganda Nile basin Reforestation Project No 3. Project Design Document*. CDM-SSC-AR-PDD (versión 02). Bonn, Alemania.
- Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C. y Stuart, S.N. (eds.) (2009). *Wildlife in a changing world – an analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland, Suiza, 180 págs.
- Wallace, G.D., Elam, D. y McBride, J. (revisores). (2007). «*Cercocarpus traskiae* (Catalina Island mountain-mahogany) five-year review: summary and evaluation». U.S. Fish and Wildlife Service, Carlsbad Fish and Wildlife Office, Carlsbad, California. 15 págs.
- Wilcove, D.S. (2010) «Endangered species management: the U.S. experience». En: *Conservation biology for all*, N.J. Sodhi y P.R. Ehrlich (eds.), págs. 220-235. Oxford University Press, Oxford.
- Wilson, K., Pressey, B., Newton, A., Burgman, M., Possingham H. y Weston, C. (2005). Measuring and incorporating vulnerability into conservation planning. *Environmental Management*, n° 35 (5), págs. 527-543.
- World Bank (2004). *Sustaining forests: a development strategy*. World Bank, Washington DC.

Anexo 1: Otros recursos

ANPC: La Australian Network for Plant Conservation (<<http://www.anbg.gov.au/anpc/>>) tiene toda una serie de publicaciones sobre conservación y trasplante (reintroducción) ex situ de especies amenazadas.

ArbNet: Se trata de una comunidad en línea e interactiva de responsables de arboretos que pretende promover objetivos e intereses comunes relativos a los árboles en jardines públicos. ArbNet facilita el intercambio de información y la puesta en común de conocimientos, experiencias y otros recursos de utilidad para los arboretos. El objetivo primordial de esta red y de los miembros que la componen consiste en fomentar la plantación y conservación de árboles y de otras plantas para lograr un mundo más verde, más sano y más hermoso. ArbNet está patrocinado y coordinado por el Morton Arboretum, en cooperación con la American Public Gardens Association y el Botanic Gardens Conservation International.

ATF: La Agroforestry Database es una guía de referencia y clasificación de especies arbóreas para silvicultura. En el contexto de esta base de datos, los árboles de silvicultura son aquellos plantados y mantenidos en sistemas de explotaciones agrícolas, a menudo con varios objetivos. Suelen destinarse a un aprovechamiento económico o ecológico, o ambos a la vez.

El principal objetivo de la base de datos consiste en aportar información detallada sobre ciertas de especies a los trabajadores e investigadores dedicados a actividades, sistemas y tecnologías agroforestales. Está diseñada para ayudar a tomar decisiones eficaces con respecto a la selección de las especies más idóneas en función del objetivo que se tenga. La información que aporta incluye: identificación, ecología y distribución de la especie, propagación y gestión, usos funcionales, plagas y enfermedades, así como bibliografía relacionada. Hasta la fecha, tiene registradas más de 500 especies. Los objetivos específicos de la base de datos son los siguientes:

- permitir un acceso rápido y eficiente a un conjunto de datos contrastables de especies arbóreas que pueden resultar útiles en términos productivos y de servicios, o ambos;
- aportar una herramienta que facilite la selección de especies para silvicultura, así como investigaciones relacionadas, acudiendo a factores relevantes para las técnicas agroforestales elegidas.

- ayudar a los investigadores en su labor de valoración de otros usos agroforestales potenciales, como el aprovechamiento de la madera;
- aportar indicadores para una evaluación económica de las especies arbóreas mediante datos de rendimiento de sus productos.

CPC: El Center for Plant Conservation (<www.centerforplantconservation.org/>) ofrece recursos esenciales para la conservación y reintroducción ex situ. Estos incluyen un registro de reintroducción, numerosos documentos con información de base y protocolos recomendados para dichas actividades.

FAO: En <www.fao.org/forestry> puede encontrarse una amplia información sobre la gestión forestal y sobre recursos genéticos relacionados.

Floradata: <www.florabank.org.au> es un sistema de información diseñado para facilitar el desarrollo de las especies vegetales autóctonas australianas. Coteja numerosas colecciones de especies vegetales e información sobre la propagación de aproximadamente 5000 especies australianas. Se centra especialmente en especies idóneas para la recuperación.

Global Trees Campaign: Se trata de un programa conjunto de BGCI y de Fauna & Flora International (FFI) cuyo objetivo es la conservación de los árboles más amenazados del mundo, así como de los hábitats donde se desarrollan. La página web <www.globaltrees.org> ofrece ejemplos de proyectos de conservación para especies arbóreas específicas amenazadas a escala global.

GSPC Toolkit: El paquete de herramientas [toolkit] telemático GSPC ha sido desarrollado para apoyar la implementación de la Estrategia Mundial para la Conservación de las Especies Vegetales del CBD. En <www.plants2020.net> se puede encontrar orientación sobre la GSPC y sus 16 objetivos, así como numerosos enlaces a recursos sobre conservación y restauración de especies vegetales.

International Conifer Conservation Programme: Este programa internacional para la conservación de las coníferas, iniciado en 1991, combina la investigación en taxonomía, conservación, genética y horticultura con el desarrollo internacional de herramientas y técnicas para la conservación de las coníferas. Para obtener más detalles, véase: <<http://www.rbge.org.uk/science/genetics-and-conservation/international-conifer-conservation-programme>>

International Plant Propagators Society: Se trata de una asociación de profesionales implicados en la propagación de especies vegetales. Su página web (<www.ipps.org>) ofrece acceso a resúmenes de ponencias presentadas en las conferencias celebradas anualmente en alguna de las regiones del mundo donde está presente la IPPS, aportando igualmente los índices de ponencias clasificados por temas, autores y nombres de las plantas. También permite el acceso al Plant Tissue Culture Information Exchange.

The Native Plants Website: Es un recurso de información en línea sobre la propagación de especies vegetales por Estados Unidos. Inicialmente diseñado por el Servicio Forestal del USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos), sus protocolos de propagación describen técnicas de plantación, de recolección de semillas o esquejes, de desarrollo en vivero, de trasplante de plantas, semillas y esquejes. Véase: <<http://www.nativeplantnetwork.org/network/>>

The New Zealand Plant Conservation Network: se estableció en 2003 con el objetivo de que: «ninguna planta autóctona se extinga o se vea amenazada de extinción como resultado de la acción o inacción humana y que la rica, diversa y única vida vegetal neozelandesa sea reconocida, apreciada y restaurada».

Siguen algunos recursos telemáticos sobre restauración forestal.

UNEP World Conservation Monitoring Centre (<http://www.unep-wcmc.org/restoration_626.html>) Este centro aporta toda una serie de recursos valiosos para la conservación de la biodiversidad, incluyendo datos de una serie de estudios de casos de proyectos de restauración forestal por todo el mundo.

Asociación Mundial para la Restauración del Paisaje Forestal (<<http://www.ideastransformlandscapes.org/>>). Se trata de una red en la que participan gobiernos, organizaciones, comunidades locales y personas particulares implicados en la restauración forestal a escala de todo el paisaje. Fue creada para fomentar las iniciativas internacionales de restauración forestal, potenciando el intercambio de información y relacionando políticas y prácticas.

Programa de conservación forestal de la UICN <http://www.iucn.org/about/work/programmes/forest/about_forest_conserv/>. Uno de los elementos clave de la labor del programa forestal de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza gira en torno a la Restauración del Paisaje Forestal (RPF), gracias a numerosos estudios de campo. La UICN también ofrece gran cantidad de publicaciones útiles para fomentar la implementación de la RPF.

Programa de conservación forestal de WWF (<http://www.panda.org/what_we_do/how_we_work/conservation/forests/forestlandscapes/>). Esta organización ha creado una red global de más de 300 proyectos de conservación forestal en casi 90 países, incluyendo una serie de programas de restauración de paisajes forestales en colaboración con la UICN. Se ha planteado el objetivo de restaurar 20 paisajes forestales de singular importancia en ecorregiones prioritarias, para el año 2020.

Sociedad de Restauración Ecológica (SER, por sus siglas en inglés). (<<http://www.ser.org/>>). Se trata de una organización sin ánimo de lucro con más de 2000 miembros repartidos por todo el mundo, ampliamente reconocida como fuente de referencia experta en técnicas, prácticas y políticas de restauración. Si bien sus objetivos no incluyen la implicación directa en proyectos de restauración, esta Sociedad promueve el diálogo e intercambio de información al respecto, a través de su página web y de la publicación de revistas como Restoration Ecology. También ofrece orientaciones para la gestión de proyectos de restauración en la siguiente dirección de internet: <http://www.ser.org/content/guidelines_ecological_restoration.asp>.



Cercocarpus traskiae en el Jardín Botánico de Rancho Santa Ana. (A. Kramer)

Anexo 2: Principios del Acceso y Participación en los Beneficios

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) incluye entre sus objetivos el reparto equitativo de los beneficios de la biodiversidad. En este sentido, su Artículo 15 define los términos y condiciones de acceso a los recursos genéticos y al reparto de sus beneficios. Según la terminología del CDB, este “Acceso y Participación en los Beneficios” es denominado por sus siglas APB. Este Artículo 15 consagra la soberanía de los Estados sobre sus recursos naturales y determina que el acceso a los mismos está sujeto a un “consentimiento fundamentado previo”, basándose en unas “condiciones mutuamente acordadas” sobre sus términos, para asegurar el reparto de los beneficios derivados del uso comercial o de otra naturaleza de dichos recursos genéticos.

En 2010, las Partes del CDB adoptaron el Protocolo de Nagoya sobre el Acceso a los Recursos Genéticos y la Participación Justa y Equitativa de los Beneficios Derivados de su Utilización. Facilitando el reparto de los beneficios, este protocolo crea incentivos para la conservación y utilización sostenible de los recursos genéticos. También se extiende a los conocimientos tradicionales asociados a estos recursos y al reparto de los beneficios derivados de su utilización.

Los jardines botánicos mantienen representantes en cultivo de más de una tercera parte de las especies vegetales vasculares mundiales, en su mayoría cultivados antes de la promulgación de estas disposiciones del CBD. Por ello, poseen unas responsabilidades y obligaciones muy especiales en el sentido de asegurar unas políticas justas y éticas en relación con el acceso a y uso de sus colecciones y con el reparto de sus beneficios, en total consonancia con los términos del CBD, del Protocolo de Nagoya y de sus correspondientes legislaciones nacionales. La colaboración internacional en proyectos de conservación de la biodiversidad y de restauración ecológica es ya una práctica muy establecida, pero resulta esencial asegurar que los comentados principios de APB sean respetados en los intercambios entre países de material vegetal.

Terminología:

Protocolo de Nagoya se detiene en la definición de varios términos:

Utilización de recursos genéticos: «realización de actividades de investigación y desarrollo sobre la composición genética y/o composición bioquímica de los recursos genéticos, incluyendo mediante la aplicación de biotecnología conforme a la definición que se estipula en el artículo 2 del Convenio.»

Biotecnología: «toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos, o sus derivados, para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.»

Derivado: «compuesto bioquímico que existe naturalmente producido por la expresión genética o el metabolismo de los recursos biológicos o genéticos, incluso aunque no contenga unidades funcionales de la herencia.»

Llevará algún tiempo comprobar las diversas interpretaciones de estos términos por parte de los gobiernos y de los demás actores implicados, que pueden diferir. Por ejemplo, aún no queda claro si la conservación directa ex situ de especies vegetales va a ser considerada “utilización de recursos genéticos”, incluso cuando no haya investigación genética asociada.

Acceso

Según el Protocolo de Nagoya, los países participantes pueden decidir cuándo se exige consentimiento fundamentado previo para poder acceder a los recursos genéticos y conocimientos tradicionales asociados. En caso de exigirlo, se debe proporcionar una clara seguridad jurídica y administrativa al respecto, así como un sistema de tramitación establecido. Los países también deben ofrecer procedimientos claros para cumplir los requisitos y plantear por escrito las condiciones mutuamente acordadas. Como ya ocurre en algunos países, para ciertos casos se exige un consentimiento fundamentado previo (por ejemplo, para actuar en Parques Nacionales) pero para otros no resulta necesario (para actuar, por ejemplo, en terrenos privados).

Consentimiento fundamentado previo

En la práctica, este consentimiento fundamentado previo suele traducirse en una recopilación de permisos y de acuerdos sobre adquisición de material vegetal, que definen los usos que se puede hacer de este. Dichos acuerdos también pueden incluir obligaciones relativas al intercambio de información derivada o resultante de las investigaciones en marcha o de otros usos del material en cuestión.

Conocimientos tradicionales

El Protocolo pide a los países participantes que faciliten el acceso a los conocimientos tradicionales, mediante el consentimiento fundamentado previo o la implicación de las comunidades locales o indígenas. Esto supone tener en cuenta sus normas, protocolos y procedimientos consuetudinarios, así como establecer con estas comunidades las vías para informar a los potenciales usuarios sobre sus obligaciones. Lo más probable es que asistamos a un desarrollo de numerosos protocolos comunitarios y de cláusulas contractuales modelo que deberían facilitar de forma importante el acceso de las instituciones botánicas a los conocimientos tradicionales.

Reparto de beneficios

El Protocolo de Nagoya incluye un anexo sobre beneficios potenciales. Como ocurre con respecto a la utilización de recursos genéticos, ya existen varias disposiciones específicas sobre el reparto de beneficios derivados del uso de conocimientos tradicionales con las comunidades indígenas y locales implicadas.

Investigaciones no comerciales

Se pide a los países participantes que creen «condiciones para promover y alentar la investigación que contribuya a la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, particularmente en los países en desarrollo, incluyendo mediante medidas simplificadas de acceso para fines de investigación de índole no comercial, teniendo en cuenta la necesidad de abordar el cambio de intención para dicha investigación.»

La última parte del planteamiento significa que los permisos y acuerdos pueden contener cláusulas que exijan a los usuarios la petición de un nuevo consentimiento fundamentado previo en caso de uso comercial, si bien la interpretación del término “comercial” puede variar según las diversas condiciones mutuamente acordadas.

Conservación y utilización sostenible

Según el Protocolo: «Las Partes alentarán a los usuarios y proveedores a canalizar los beneficios que se deriven de la utilización de recursos genéticos hacia la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes.» Este Artículo 9 supone un respaldo al trabajo que los jardines botánicos llevan años realizando

Autoridades responsables del APB

Todo país participante debe establecer un punto de información nacional centralizado que facilite el acceso a los recursos genéticos, a las personas de contacto y a las autoridades nacionales competentes, responsables de conceder dicho acceso o bien de expedir los documentos que confirmen el cumplimiento de los requisitos de acceso (si este ha de ser concedido por otras instancias, como las autoridades provinciales o de las comunidades indígenas). Todos estos datos deben ser remitidos al Mecanismo de Intercambio de Información sobre APB.

Mecanismo de Intercambio de Información sobre APB

El Mecanismo de Intercambio de Información sobre APB constituye el punto central de información sobre el Protocolo, con el que los países participantes deben compartir todos los detalles sobre su implementación, incluyendo las medidas legales, administrativas y políticas establecidas, los datos de contacto de las autoridades responsables del APB y toda la información sobre los permisos expedidos. También deben incluir información sobre las autoridades indígenas y locales, las cláusulas contractuales modelo, los planteamientos y métodos de seguimiento de los recursos genéticos, así como códigos de conducta y de buenas prácticas.

Cumplimiento

Los países participantes deben adoptar medidas para asegurar el acceso a los recursos genéticos y a los conocimientos tradicionales de conformidad con el consentimiento fundamentado previo y bajo las condiciones mutuamente acordadas. También deben alentar a los proveedores y usuarios a incluir mecanismos de resolución de conflictos en sus condiciones mutuamente acordadas, así como a establecer medidas de acceso a la justicia y mecanismos de reconocimiento y cumplimiento de los juicios y sentencias en el extranjero.

Los países también deben adoptar «medidas, según proceda, para vigilar y aumentar la transparencia acerca de la utilización de los recursos genéticos». Dichas medidas incluyen la designación de uno o más “puntos de verificación” que «recolectarían o recibirían

información pertinente relacionada con el consentimiento fundamentado previo, con la fuente del recurso genético, con el establecimiento de condiciones mutuamente acordadas y/o con la utilización de recursos genéticos»; los usuarios deben aportar toda la información a estos puntos de verificación, que a su vez deben remitirla a las autoridades nacionales pertinentes, a la Parte que otorga el consentimiento fundamentado previo y al Centro de Intercambio de Información sobre APB. Numerosos países están ubicando los puntos de verificación en sus agencias de patentes y/o en las oficinas de las autoridades nacionales pertinentes.

Cláusulas contractuales modelo

Cada país participante debe alentar el desarrollo, la actualización y la utilización de cláusulas contractuales modelo, sectoriales e intersectoriales, para las condiciones mutuamente acordadas; los órganos de gestión del presente Protocolo harán periódicamente un balance de la utilización de estas cláusulas.

Afortunadamente para aquellos jardines botánicos que realizan investigaciones no comerciales y que necesitan cierta orientación jurídica, la Academia suiza de las ciencias ha desarrollado recientemente un modelo de acuerdo con toda una gama de opciones adaptables a diversas circunstancias y temas, basándose en parte en un análisis de numerosos acuerdos ya en marcha entre diversas instituciones (incluyendo entre las mismas a algunos jardines botánicos), lo que puede suponer un buen punto de partida. Conviene que los gestores de jardines botánicos se vayan familiarizando con este modelo de acuerdo y comprueben hasta qué punto se puede adaptar a sus intereses y necesidades.

Códigos de conducta

Los países participantes deben alentar el desarrollo, la actualización y utilización de códigos de conducta voluntarios, directrices y buenas prácticas y/o estándares en relación con el APB. Los órganos de gestión del presente Protocolo harán periódicamente un balance de su utilización.

Los jardines botánicos han sido uno de los colectivos de usuarios que antes han desarrollado dichas medidas, en el marco del código de conducta de la red internacional de intercambio de plantas (IPEN, por sus siglas en inglés). De hecho, este código está siendo actualmente revisado para adaptarlo al presente Protocolo de Nagoya. BCGI va a procurar compartir toda nueva información al respecto por medio de su página web.



Propagación de coníferas en el Real Jardín Botánico de Tasmania. (RTBG)

Para más información sobre el Protocolo de Nagoya, consúltense las siguientes referencias:

Una guía explicativa de la UICN sobre el Protocolo de Nagoya sobre Acceso y Participación en los Beneficios: <https://cmsdata.iucn.org/downloads/an_explanatory_guide_to_the_nagoya_protocol.pdf>

Los documentos de la Academia suiza de las ciencias sobre el APB: <<http://abs.scnat.ch/downloads/index.php>>

La página web del CDB sobre el Protocolo de Nagoya: <<http://www.cbd.int/abs/>>

La **Ecological Restoration Alliance** reúne la experiencia, habilidades y recursos de jardines botánicos de todo el mundo con el fin de restaurar ecosistemas dañados y degradados. Iniciada en 2012, esta alianza tiene como objetivo restaurar 100 ubicaciones en diferentes ecosistemas, haciendo suyo el objetivo de Naciones Unidas de restaurar por lo menos el 15 % de los ecosistemas deteriorados en todo el planeta.



La **The Global Trees Campaign** es una campaña emprendida conjuntamente por **Fauna & Flora International** y **BGCI**, en colaboración con un amplio abanico de otras organizaciones en todo el mundo, con el objetivo de salvar los árboles más amenazados a escala global, así como los hábitats en los que se desarrollan, mediante el intercambio de información, la implicación en proyectos de conservación y la promoción de una utilización sostenible de los árboles.



BGCI

Plants for the Planet

**Botanic Gardens
Conservation International**

Descanso House, 199 Kew Road,
Richmond, Surrey, TW9 3BW, U.K.

Tel: +44 (0)20 8332 5953

E-mail: info@bgci.org

<https://twitter.com/bgci>

Internet: www.bgci.org