

CAPÍTULO 5

HERRAMIENTAS PARA RESTAURAR BOSQUES TROPICALES

Con un plan de proyecto en su lugar y el financiamiento aprobado, es hora de empezar a trabajar. En este capítulo, trataremos sobre cómo implementar las cinco herramientas principales de la restauración de bosques: protección, RNA, plantación de especies de árboles ‘framework’ (de marco), el enfoque de máxima diversidad y plantaciones nodrizas (o plantaciones como catalizadores). En el Capítulo 3 establecimos que estas cinco herramientas básicas, raramente se usan de forma aislada. Cuanto más alto es el grado de degradación, más herramientas deben ser combinadas para lograr un resultado satisfactorio. En los Capítulos 6 y 7, seguiremos dando más detalles sobre el crecimiento y plantación de especies nativas de bosques.

“La restauración exitosa de un ecosistema perturbado es la prueba de fuego de nuestro entendimiento de ese ecosistema.” Bradshaw (1987).

5.1 Protección

No tiene sentido restaurar sitios que no puedan ser protegidos de las actividades dañinas que han destruido al bosque original. Por ello, prevenir la degradación es fundamental para todo proyecto de restauración, sin importar la fase de degradación que se esté afrontando. La protección tiene dos elementos básicos: i) prevenir una invasión adicional y ii) remover las barreras existentes contra la regeneración natural. El primero involucra a la prevención de nuevas actividades humanas dañinas en el sitio de restauración, mientras que el segundo, compromete a las comunidades locales existentes en la prevención de incendios, exclusión de ganado y protección de los animales dispersores de semillas de la caza.

Prevención de invasión

Las tierras de bosque sin ocupar, siempre han sido como un imán para la gente sin tierra, con bajos ingresos. En el pasado, el despeje de bosque se consideraba como un derecho legal de propiedad de tierra y una manera de salir de la pobreza. Pero en las sociedades civiles modernas, y conforme las poblaciones crecen exponencialmente, 'la propiedad por despeje' ya no es aceptable. La vasta mayoría de tierra de bosques tropicales está ahora bajo control estatal, y hay leyes para prevenir su explotación para beneficio personal. Desafortunadamente, el cumplimiento de la ley para desalojar a los invasores de bosques, frecuentemente se dirige a gente pobre rural y es por ello, fuertemente criticada por los grupos de derechos humanos, especialmente donde corporaciones o prósperos propietarios de tierras pueden salir impunes por la invasión. En última instancia, estos problemas sólo pueden ser resueltos por un mejor gobierno forestal¹, pero se pueden tomar varias medidas prácticas a nivel local para prevenir más invasiones.

Los pobladores empobrecidos, muchos de ellos con una educación muy básica, frecuentemente desconocen la ley. Por ello, simplemente asegurarse de que todos conozcan la ley y las penalidades impuestas si ésta se viola, puede a veces ser suficiente para disuadirlos (Thira & Sopheary, 2004). Límites bien definidos, con letreros visibles a lo largo de ellos, en los que se explica el estatus de área protegida, también ayuda a asegurar que todos sean conscientes de las restricciones legales y su procedencia.

La invasión tiende a suceder a lo largo de carreteras, de modo que prevenir la construcción de carreteras y/o mejorar los bosques protegidos es, quizás, la manera más eficaz de prevenirla (Cropper *et al.*, 2001), especialmente en áreas remotas. Puntos de control donde carreteras existentes entran y salen de sitios protegidos, también puede disuadir la invasión.

La presencia humana, en forma de patrullaje aleatorio, es quizás el último disuasivo. Mantener un sistema de patrullaje es caro, pero los guardabosques pueden tener múltiples tareas. Mientras estén patrullando, también pueden recolectar semillas de árboles que están fructificando para suministrar al vivero de árboles, o registrar observaciones de la fauna silvestre, incluyendo a dispersores de semillas y polinizadores. La tecnología GPS se puede usar para registrar la posición de árboles semilleros y animales silvestres, así como la cobertura del patrullaje y señales de invasión. Si estos datos son integrados en sistemas de información geográfica (SIG), pueden ser compartidos y usados para predecir qué áreas son las más amenazadas por invasión. Este es el concepto del 'patrullaje inteligente' promovido por la Sociedad de Conservación de la Vida Silvestre (Stokes, 2010).

Prevenir más invasiones por comunidades que ya están establecidas dentro del paisaje del bosque, depende de la formación de un fuerte 'sentido de custodia' tanto para el bosque remanente como para el restaurado. Los pobladores locales trabajarán juntos para desalojar a

¹ www.iucn.org/about/work/programmes/forest/fp_our_work/fp_our_work_thematic/fp_our_work_flg

invasores externos, si sienten que la invasión amenaza sus intereses comunitarios. La silvicultura comunitaria, para la cual un comité del pueblo (antes que un agente estatal) se hace responsable del manejo del bosque restaurado, provee una fuerte 'sensación de custodia', porque el comité del pueblo trata con cualquiera que dañe los recursos del bosque comunitario, usando reglas y regulaciones auto-impuestas. La presión del grupo, reemplaza la necesidad de involucrar agencias estatales de fiscalización. La silvicultura comunitaria es obviamente imposible donde no hay bosque. De manera que, la perspectiva del control comunitario sobre los recursos del bosque (una vez que el bosque ha sido re-establecido) es una motivación poderosa para los pobladores locales, para contribuir con los proyectos de reforestación.

Las comunidades cerca de los sitios de restauración, también pueden beneficiarse del empleo directo creado por los proyectos de restauración. También se pueden proporcionar esquemas de desarrollo de subsistencia. Estos se capitalizan de los beneficios de la restauración de bosque (por ejemplo, el desarrollo del ecoturismo), reducen las necesidades de despejar bosque (por ejemplo, intensificando la agricultura) o reducen la explotación de recursos forestales (por ejemplo, introduciendo biogás como sustituto de la leña). Sin embargo, si beneficios como éstos son ofrecidos solo a las comunidades en áreas protegidas, su efecto podría resultar en la atracción de más invasores, que quieran acceder a los beneficios de los programas de desarrollo.

Cuando se introdujeron por primera vez los sistemas de áreas protegidas, la opinión general era que los colonos debían ser desalojados para mantener la naturaleza 'prístina'. Esta opinión se desentendía del hecho de que la mayoría de las áreas habían sido ocupadas por humanos, en mayor o menor medida, mucho antes de que fueran declaradas protegidas. La re-ubicación forzada de colonos de áreas protegidas tiene una triste historia. En la mayoría de los casos se pagó una compensación inadecuada (si les pagaron algo), los sitios de re-ubicación eran de pobre calidad y el apoyo prometido para la agricultura, educación y salud en los sitios de reubicación fracasó a menudo (Danaiya Usher, 2009). Además, el vacío que es dejado atrás cuando se mueve a gente fuera de áreas protegidas, es muchas veces rápidamente ocupado de nuevo por invasores.

Los pobladores locales que tienen una larga historia viviendo en paisajes de bosques, son una gran ventaja para los programas de restauración. Son una fuente valiosa de conocimiento local, especialmente en lo que se refiere a la selección de especies de árboles y recolecta de semillas. Pueden proporcionar la mayor parte del trabajo requerido para las tareas de restauración, tanto en el vivero como en el campo, y también pueden implementar las medidas de protección, como patrullajes y en puntos de control en las carreteras, a manera de deber cívico.

Prevención de daños por incendio

Proteger los sitios de restauración de bosque, de incendios, es esencial para el éxito. En los trópicos estacionalmente secos, la prevención de incendios es una actividad anual, y aún en los trópicos húmedos, es necesario durante las épocas de sequía. La mayoría de incendios son provocados por humanos, de modo que la mejor manera de prevenirlos, es asegurándose de que todos en la vecindad apoyen el programa de restauración y entiendan la necesidad de no empezar fuegos. Pero, sin importar cuánto esfuerzo se pone en concienciar a las comunidades locales acerca de la prevención de incendios, los incendios siguen siendo una causa común de fracaso para los proyectos de restauración. La mayoría de las autoridades forestales locales tienen unidades de extinción de fuegos, pero no pueden estar en todas partes, de modo que, iniciativas de prevención de incendios locales, basadas en la comunidad son muchas veces una manera eficaz de enfrentar el problema. Las medidas de prevención, incluyen cortar cortafuegos y organizar patrullas de incendios para detectar y apagar incendios que se acercan, antes de que alcancen el sitio de restauración.

Cuadro 5.1. Reservas extractivas.

Las reservas extractivas proveen a las comunidades locales, con un interés directo en proteger los bosques tropicales, permitiéndoles que exploten los productos forestales no maderables (PFNMs), de una manera sostenible. Esto enlaza los ingresos de los pobladores, con el mantenimiento de ecosistemas de bosque intactos. La supervivencia del bosque y la subsistencia se vuelven interdependientes.

Este concepto se aplicó por primera vez en Brasil, a mediados de los 1980s, cuando recolectores de caucho y gremios de trabajadores rurales locales, pidieron la asignación de áreas en la Amazonía donde pudieran recolectar caucho, para apoyar el desarrollo sostenible de las comunidades locales. Las reservas extractivas fueron propuestas como áreas de conservación, en las que las comunidades locales podían cosechar PFNMs como nueces y látex. Esencialmente, la designación de áreas como éstas, esperaba reconciliar asuntos que las autoridades tradicionalmente pensaban que eran incompatibles, como por ejemplo, proteger bosques como áreas de conservación y permitir a la gente que los explote de manera sostenible.

In 1989, el Gobierno de Brasil incluyó reservas extractivas en su política nacional. La tierra habría de ser declarada propiedad del Gobierno para dos propósitos, salvaguardar los derechos de la gente local y conservar la biodiversidad. Se decidió que las reservas extractivas solamente serían establecidas si fueran solicitadas por la población local y donde fuera evidente una larga tradición de uso del bosque. Esto se ha convertido ahora en una estrategia federal principal, para la conservación y el desarrollo económico entre la gente local. En el caso de los gremios de recolectores de caucho, bajo el liderazgo de Chico Mendes, esto fue concebido para que el bosque se conservara tanto para el uso de los recolectores de caucho, como para que la población local pudiera cosechar los PFNMs.



Mapa de Acre que muestra la localización de la Reserva Extractiva Chico Mendes (© IUCN).

Cuadro 5.1. continuación.



Chico Mendes demostrando el proceso de 'sangrar' un árbol de caucho para producir látex en 1988. (Foto: M. Smith, Miranda Productions Inc.)

La reserva extractiva más conocida en América Latina, es la Reserva Chico Mendes de 980,000 ha en el estado de Acre en la Amazonía occidental. Chico Mendes fue asesinado en 1988, pero su legado sigue vivo en más de 20 reservas extractivas que cubren aproximadamente 32,000 km². En la Reserva Chico Mendes, los derechos de la población local que dependen del bosque, están protegidos. Pero en ésta y en otras reservas extractivas, la UICN reconoce que el uso de "la producción forestal comercial, medioambiental y socialmente viable como un impulso para el desarrollo local", sigue siendo un reto.

A pesar de estos esfuerzos por proteger los bosques amazónicos, la tasa de deforestación en la Amazonía aumentó dramáticamente en 2010 y 2011, y el Parlamento de Brasil tuvo que decidir, si aflojar las leyes que protegen el bosque a favor de los agricultores que buscan más espacio para criar ganado. Se propuso, por ejemplo, que los agricultores deban tener el permiso de despejar 50% del bosque en sus tierras, mientras que la ley existente les permitía solamente el 20%.

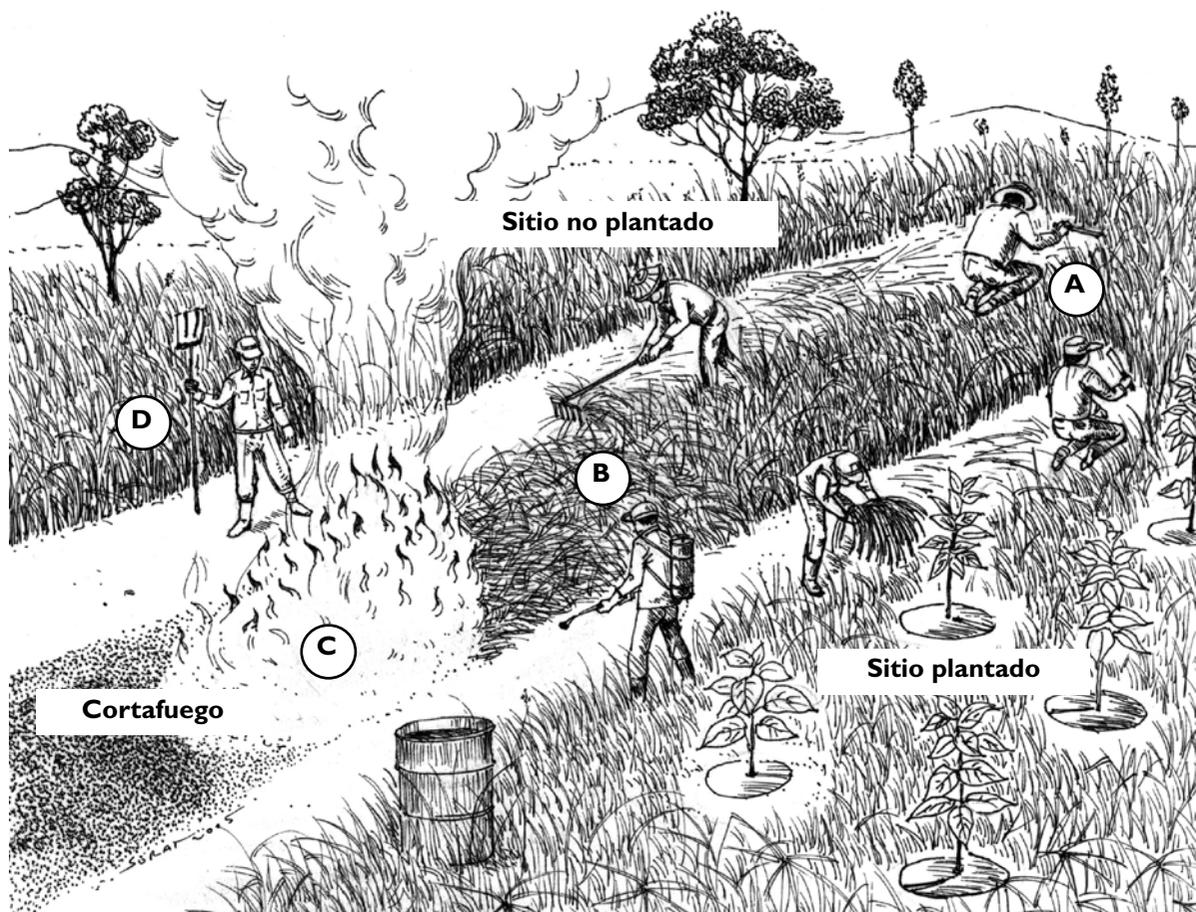


Edinaldo Flor da Silva y su familia, están sacando provecho de las nuevas unidades de producción de caucho, lo cual significa que pueden ganar más de su producto sostenible. (Foto: © Sarah Hutchison/WWF/Sky Rainforest Rescue)

Cortafuegos

Los cortafuegos son franjas de tierra que son despejadas de la vegetación combustible, para prevenir la expansión de incendios. Son eficaces para bloquear incendios moderados de la cobertura del suelo. Los incendios más intensos, lanzan escombros ardientes al aire, que pueden ser sopladados por el viento por encima de los cortafuegos y empezar nuevos incendios lejos del lugar donde empezó el primero.

Haz cortafuegos de, por lo menos, 8 m de ancho alrededor de los sitios de restauración, justo antes de que empiece la estación seca. El método más rápido es cortando todos los pastos, hierbas y arbustos (los árboles no tienen que ser cortados) a lo largo de los márgenes del cortafuego. Amontona la vegetación cortada en el centro del cortafuego, déjala durante unos días para que se seque y luego quémala. Obviamente, usar fuego para prevenir incendios puede ser arriesgado. Asegúrate de que estén disponibles suficientes personas con batidores y pulverizadores de agua, para prevenir un accidental escape del fuego a las áreas circundantes. El riesgo de que se escape el fuego es reducido considerablemente, al quemar los cortafuegos justo antes del comienzo de la estación caliente y seca, cuando la vegetación circundante está todavía demasiado húmeda para quemarse con facilidad. Las carreteras y los arroyos actúan como cortafuegos naturales. Normalmente no hay necesidad de hacer cortafuegos a lo largo de cursos de agua, pero se deben hacer a lo largo de carreteras, ya que los incendios son frecuentemente provocados por conductores que tiran colillas de cigarrillos de sus vehículos.



Usando fuego para combatir el fuego. (A) Corta dos franjas de vegetación, por lo menos 8 m aparte. (B) Arrastra la vegetación cortada al centro. (C) Permite unos días para que el material cortado se seque, y entonces (D) quémalo, tomando extrema precaución para no permitir que el fuego se expanda más allá del cortafuego.

Sofocar incendios

Organiza equipos de vigilantes que alerten a la población local, en caso de que detecten un incendio. Trata de involucrar a la comunidad entera, en el programa de prevención de incendios, de modo que cada casa contribuya con un miembro de la familia, cada dos o tres semanas para las tareas de prevención de incendios. Los vigías de incendios tienen que permanecer alerta día y noche, a lo largo de la estación seca.

Coloca herramientas para combatir el fuego y barriles llenos de agua, en los sitios estratégicos alrededor de los sitios plantados. Las herramientas para combatir incendios incluyen: pulverizadores de agua de mochila, batidores para extinguir el fuego, rastrillos para remover la vegetación combustible del frente del incendio y un botiquín de primeros auxilios. Se pueden usar ramas verdes de árboles como batidores de fuego. Si hay un curso de agua permanente cerca del sitio de restauración, considera colocar tubos hasta el sitio de restauración. Esto puede mejorar enormemente la eficacia de las actividades de combate del fuego, pero es muy costoso.

Incendios pequeños pueden ser controlados con (A) pulverizadores de mochila, el uso de (B) herramientas simples, como rastrillos para remover el combustible de los senderos del fuego, y (C) batidores para extinguir pequeños fuegos. Barriles de petróleo llenos de agua, pueden ser colocados estratégicamente a través del sitio por adelantado, como puntos para rellenar los pulverizadores de mochila.



Sólo los incendios de baja intensidad que se mueven lentamente, pueden ser controlados con herramientas de mano. Incendios más serios, especialmente aquellos que se alcanzan hasta las copas de los árboles, tienen que ser controlados por bomberos profesionales con apoyo aéreo. Tienes que estar listo para contactar a bomberos locales si el fuego se descontrola, y toma precauciones extras, ya que el fuego se mueve velozmente y puede fácilmente cobrar vidas. Las unidades de control de incendios forestales, proporcionan a menudo entrenamiento en prevención de incendios y técnicas para combatir el fuego, a la población local. Podrían ser capaces de suministrar equipos de bomberos, a las iniciativas de prevención de incendios basadas en las comunidades, de modo que contacta tu unidad local de control de incendios forestales, para asistencia.

¿Qué se puede hacer si un sitio de restauración se quema?

No todo está perdido. Algunas especies de árboles pueden rebrotar de tocones, después de haber sido quemados (ver **Sección 2.2**). Ramas quemadas, muertas, permiten la entrada de plagas y patógenos, de modo que cortándolos se puede acelerar la recuperación después de quemar. Poda las ramas muertas hasta la base, dejando un muñón no más largo de 5 mm. Después de un incendio, el suelo ennegrecido absorbe más calor, causando una evaporación más rápida de la humedad. Esto puede posteriormente matar a los árboles jóvenes, que han sobrevivido el incendio inicial. Por ello, colocar un mulch de vegetación cortada o de cartón corrugado alrededor de los árboles jóvenes quemados, aumenta la posibilidad de supervivencia y crecimiento.

Manejo del ganado

Vacas, cabras, ovejas y otro ganado puede impedir completamente la regeneración de los bosques, al merodear entre los árboles jóvenes. En última instancia, la decisión de reducir el número de ganado o sacarlo del todo, depende de la cuidadosa consideración de su valor económico para la comunidad y su potencial de jugar un papel útil en la restauración de bosques, equilibrado contra cualquier efecto dañino que tienen en los árboles jóvenes. La severidad del daño, obviamente aumenta con la densidad de los rebaños.

En el Área de Conservación Guanacaste (ACG), Costa Rica, el ganado jugó un papel positivo en las fases tempranas de un proyecto de reforestación de bosque, al pastorear en especies de pastos exóticos que alimentaban incendios forestales, pero cuando las crecientes copas de los árboles empezaron a sombrear el pasto, el ganado fue gradualmente removido (ver **Estudio de Caso 3**, pág. 149). Ocurrió algo parecido en los pastizales montanos de Colombia, donde los pastos son una barrera mayor contra la regeneración de bosques, el pastoreo de ganado favoreció el establecimiento de arbustos, que creó un microclima más adecuado para el establecimiento de especies de bosque tropical montano (Posada *et al.*, 2000).

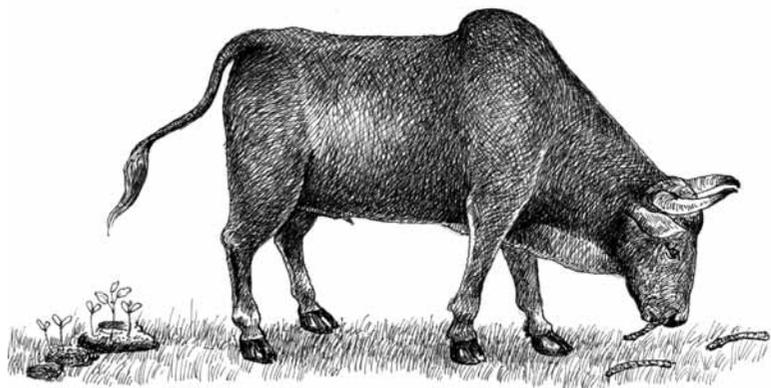
El ganado también puede facilitar la regeneración natural de bosques al dispersar las semillas de árboles, especialmente en bosques en los que han sido extirpadas las especies silvestres unguladas (Janzen, 1981). El ganado vacuno que merodea libremente, muchas veces consume frutos de árboles en los bosques y los deposita en áreas abiertas al pastorear. Las especies de árboles dispersadas por el ganado crecen mayormente en bosques tropicales secos y tienen por lo común frutos secos, indehiscentes, marrones a negros con semillas duras, con un diámetro promedio de 7.0 mm. La familia de las leguminosas contiene muchas especies dispersadas por el ganado; otras familias con menos especies potencialmente dispersadas por el ganado incluyen las Caprifoliáceas, Moráceas, Mirtáceas, Rosáceas, Sapotáceas y Malvaceas. Los granjeros en el Valle Central de Chiapas, México, usan el ganado a propósito para plantar semillas de árboles (Ferguson, 2007).

El manejo cuidadoso del ganado puede por ello, tener efectos benéficos en la restauración de bosques, si la densidad del rebaño es baja y el follaje de las especies de árboles deseados es incomedible. Pero aún en tales circunstancias, el ganado puede reducir la riqueza de las especies de árboles en sitios restaurados, por el merodeo selectivo.

El impacto del ganado se puede manejar, atando a los animales en el campo para restringir su movimiento o sacándolos de la zona. Se pueden poner cercos para excluir el ganado durante las fases tempranas de la restauración del bosque, pero estos cercos deben ser mantenidos, hasta que las copas de los árboles hayan crecido más allá del alcance del ganado.

En Nepal, los pobladores a menudo no permiten que sus vacas merodeen libremente por los bosques comunitarios. Para promover la rápida regeneración de bosques, los pobladores mantienen a sus vacas fuera del bosque. Cortan pasto y forraje de los bosques y se lo dan a sus vacas. Esto alimenta a las vacas sin dañar los árboles jóvenes que se están regenerando y también fomenta desmalezar eficazmente las parcelas de bosque (Ghimire, 2005).

El ganado puede actuar como 'cortador de pasto viviente' y dispersor de semillas, pero rebaños densos pueden suprimir la regeneración del bosque.



Proteger a los dispersores de semillas

Para que la restauración del bosque sea exitosa, con una recuperación de la biodiversidad aceptable, la protección de los árboles tiene que ser complementada con la protección de los animales dispersores de semillas. La dispersión de semillas desde bosques intactos hasta los sitios de restauración, es esencial para el retorno de las especies de árboles clímax. La caza de animales dispersores de semillas puede, por ello, reducir sustancialmente el reclutamiento de especies de árboles. No tiene ningún sentido restaurar un hábitat de bosque, para atraer a los dispersores de semillas, si no quedan dispersores de semillas que atraer.

Simple campañas de educación para convertir a cazadores en conservacionistas, pueden ser eficientes. En Ban Mae Sa Mai en el norte de Tailandia, los niños de la tribu de montaña eran los cazadores principales, capturando aves en trampas para matarlos con hondas, a veces para comerlos, pero mayormente como diversión. Particularmente apuntaban a los bulbules, los principales dispersores de semillas desde el bosque a las áreas abiertas. Una eficaz campaña de educación (patrocinada por el Proyecto Eden, UK) introdujo a los niños en el pasatiempo de la observación de aves, con el potencial de un posterior entrenamiento como guías para ecoturistas. El proyecto distribuyó binoculares y libros de identificación de aves, y realizó regularmente excursiones de observación de aves. Los niños establecieron su propia reserva de observación de aves y la 'policía de aves', usando la presión de grupo, disuadían a sus compañeros de clase de la caza. También llevaron el mensaje a casa, a sus padres. Ambos, las trampas de aves y las hondas, son ahora difíciles de encontrar alrededor del pueblo.

S.O.S. 'Salven a nuestros dispersores de semillas': campañas educativas simples pueden convertir a cazadores de aves, en guías de aves. (Fotos: T. Toktang).



5.2 Regeneración natural 'asistida' o 'acelerada' (RNA)

¿Qué es la RNA?

La RNA es un conjunto de actividades, en pocas palabras: plantar árboles que mejoran los procesos naturales de regeneración de bosques. Incluye medidas protectoras que remueven las barreras para la regeneración natural del bosque (por ejemplo, fuego y ganado) ya descrito en la **Sección 5.1**, a lo largo de acciones adicionales para i) 'asistir' o 'acelerar' el crecimiento de árboles regenerados naturalmente, que ya están establecidos en el sitio de restauración (es decir, árboles jóvenes y tocones vivos de especies de árboles nativas) y ii) fomentar la dispersión de semillas hacia el sitio de restauración.

La organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en sociedad con el gobierno de Filipinas y ONGs basadas en la comunidad, apoyaron gran parte de la investigación, que ayudó a transformar la RNA en una técnica eficaz y practicable (ver **Cuadro 5.2**). Ahora la FAO, promueve la RNA como método para mejorar el establecimiento de bosques secundarios, protegiendo y cuidando árboles semilleros y plántulas silvestres, ya presentes en el área. Con la RNA, los bosques secundarios y degradados, crecen más rápido de lo que lo harían naturalmente. Puesto que este método, solo mejora los procesos naturales ya existentes en el

5.2 REGENERACIÓN NATURAL ‘ASISTIDA’ O ‘ACELERADA’ (RNA)

Cuadro 5.2. Los orígenes de la RNA.

Aunque los humanos han manipulado desde hace tiempo la regeneración natural de los bosques, el concepto de promoverla activamente para restaurar ecosistemas de bosque, es relativamente reciente. El concepto formal de RNA — regeneración natural ‘asistida’ o ‘acelerada’ — emergió primero en Filipinas en los 1980s (Dalmacio, 1989). Una sociedad de larga tradición entre la Oficina Regional de Asia y el Pacífico de la Organización de Alimentación y Agricultura de las NU (FAO) y la Fundación Bagong Pagasa (Nueva Esperanza) (FBP), una pequeña ONG en Filipinas, ha jugado desde entonces un papel crucial para propulsar este simple concepto desde la oscuridad, al frente de la tecnología de restauración de bosques tropicales.

Patrocinado por la Japan Overseas Forestry Consultants Association (JOFCA), la FBP estableció un primer proyecto de RNA en el pueblo de Kandis, Puerto Princesa, en la Isla de Palawan, Filipinas, con la meta de restaurar 250 ha de cuenca degradada dominada por pastos. La RNA fue puesta a prueba, tanto como una técnica de restauración, como una herramienta de desarrollo para mejorar el sustento de 51 familias. El proyecto combinó la RNA para restaurar el bosque, con el establecimiento de huertos. Los tratamientos incluyeron prevención de incendios, desmalezar en forma de aro alrededor de los árboles jóvenes y aplastamiento de hierba. Los árboles pioneros, que crecieron rápidamente después del tratamiento de la maleza, fomentaron la regeneración de 89 especies de árboles de bosque (representando 37 familias), incluyendo varias especies de árboles de bosque clímax. Los árboles de bosque fueron inter-plantados con café y árboles frutales domesticados, para proporcionar un ingreso a los pobladores. Después de tres años, empezó a desarrollarse un ecosistema de bosque autosuficiente. El monitoreo sistemático reveló una recuperación significativa de la biodiversidad y el mejoramiento del suelo (Dugan, 2000).

Aunque hay ahora muchos proyectos exitosos de RNA en las Filipinas, inicialmente se publicó muy poca información para permitir que otros aprendieran de las experiencias de organizaciones como Bagong Pagasa. Por ello, la FAO ha financiado varios proyectos para promover la reforestación de RNA en varios países. Lanzado en 2006, el proyecto “Promoviendo la aplicación de la regeneración natural asistida, para una restauración de bosques barata y eficaz”², creó sitios de demostración, en islas geográficamente diferentes de Filipinas. El proyecto se enfocó en restaurar bosques en pastizales de *Imperata cylindrica* degradados, usando el prensado de la maleza para liberar las plántulas de la sombra. Más de 200 silvicultores, miembros de ONG y representantes de comunidades, han sido entrenados en los métodos de RNA en estos sitios de demostración. El proyecto llegó a la conclusión de que los costos de la RNA son aproximadamente, la mitad de los de la plantación de árboles convencional. Como resultado, el Departamento de Medio Ambiente y Recursos Naturales (DENR) asignó US\$32 millones, para apoyar la implementación de las prácticas de la RNA, en aproximadamente 9,000 hectáreas. El proyecto ha generado interés y financiamiento de la industria minera y municipalidades, que buscan compensar sus huellas de carbono. La FAO, en colaboración con BPF, está ahora financiando pruebas similares de RNA en Tailandia, Indonesia, República Democrática de Lao y Camboya.



Patrick Dugan, Presidente Fundador de Bagong Pagasa. Formando sociedades con el Gobierno de Filipinas (Departamento de Medio Ambiente y Recursos Naturales) y la FAO, la fundación ha promovido el concepto de RNA mucho más allá de sus orígenes en Filipinas.

² www.fao.org/forestry/anr/59224/en/

área requiere menos trabajo que plantar árboles y no hay costos de vivero. Puede, por ello, ser una manera de restaurar ecosistemas de bosque de bajo costo. Shono *et al.* (2007) provee una revisión exhaustiva de técnicas de RNA.

La RNA y la plantación de árboles, no deben ser vistas como alternativas mutuamente exclusivas de la restauración de bosques. La restauración de bosques, con más frecuencia combina la protección y la RNA juntas, con algo de plantación de árboles. La técnica de inspección del territorio, detallada en las **Secciones 3.2 y 3.3**, puede ser usada para determinar si la protección + RNA, es suficiente para lograr las metas de la restauración, si deben ser complementadas con plantación de árboles y, si es así, cuántos árboles deben ser plantados.

¿Dónde es apropiada la RNA?

La protección y la RNA pueden ser suficientes para lograr una rápida y sustancial restauración forestal y recuperación de la biodiversidad, donde la degradación del bosque esté en la fase-2. En esta fase de degradación, la densidad de la regeneración natural excede 3,100 por hectárea, y más de 30 especies comunes de árboles típicos del bosque-objetivo clímax (o aproximadamente 10% del número estimado de especies de árboles en el bosque-objetivo, si se sabe) están presentes. La RNA debe ser usada en combinación con la plantación de árboles (ver **Sección 3.3**), allí donde la densidad de la regeneración natural sea más baja, o estén representadas menos especies de árboles. Además, el bosque intacto debe quedar a pocos kilómetros del sitio de restauración propuesto, proveyendo una fuente de semillas para el re-establecimiento de las especies de árboles del bosque clímax, y los animales dispersores de semillas deben permanecer bastante comunes (ver **Sección 3.1**).

Algunos partidarios de la RNA proponen su uso en pastizales altamente degradados, donde la densidad de los árboles regenerados (>15 cm de alto) es sólo de 200–800 por hectárea (es decir, degradación fase-3 o más alta, ver **Sección 3.1**) (Shono *et al.*, 2007). La aplicación de la RNA sola, bajo tales circunstancias, tiene normalmente como consecuencia bosques de un bajo valor productivo y ecológico, por el dominio de unas pocas y ubicuas especies de árboles pioneros. Pero incluso un bosque secundario pobre en especies, es un mejoramiento considerable en términos de recuperación de la biodiversidad, en los pastizales degradados que reemplaza; y es posible una recuperación forestal posterior, mientras que los árboles semilleros y los dispersores de semillas permanezcan en el paisaje.



(A) Aproximadamente un año antes de que fuera tomada esta foto (foto mayo 2007), unos invasores despejaron ilegalmente el Bosque de Reserva siempreverde de tierras bajas en el sur de Tailandia, para establecer plantaciones de caucho. Quedaron abundantes fuentes de regeneración natural, incluyendo tanto especies de árboles pioneros como clímax, haciendo el sitio ideal para la restauración por RNA. Se colocaron alfombrillas de mulch de cartón alrededor de los árboles jóvenes y las plántulas supervivientes, se eliminó la maleza y se aplicó fertilizante tres veces durante la estación de lluvia. (B) Sólo 6 meses más tarde, se había logrado el cierre de copas (foto noviembre 2007). La mayoría de las especies de árboles de copa eran pioneros, de modo que el sotobosque se enriqueció adicionalmente, plantando jóvenes arbolitos criados en el vivero de especies de bosque clímax.

Técnicas de la RNA

Reducir la competencia de las malezas

Eliminar la maleza reduce la competencia entre los árboles y la vegetación herbácea, incrementa la supervivencia de los árboles y acelera el crecimiento. Antes de desmalezar, marca con claridad los arbolitos o plántulas con postes pintados de un color vivo, para hacerlos más visibles. Esto previene que sean accidentalmente pisados o cortados, durante la eliminación de la maleza.

Desmalezar en forma de aro

Remueve todas las malezas, incluyendo sus raíces, usando herramientas de mano en un círculo de 50 cm de radio, alrededor de la base de la plántula o arbolito natural. Arranca a mano las malezas (ponte guantes) que están cerca de pequeñas plántulas y arbolitos, ya que desenterrar las raíces con herramientas, puede dañar su sistema de raíces. Después coloca un grueso mulch de la maleza cortada, alrededor de las plántulas y arbolitos, dejando una brecha de, al menos, 3 cm entre el mulch y el tronco, para ayudar a prevenir infecciones de hongos. Donde la maleza cortada no alcance suficiente volumen del mulch, usa cartón corrugado como mulch.

Aplastar la maleza

Quita la sombra, aplastando toda la vegetación herbácea que quede entre los árboles regenerados expuestos, usando una tabla de madera (130 x 15 cm). Ata una soga resistente a ambos extremos de la tabla, haciendo un lazo lo suficientemente largo como para pasarlo por encima de tu hombro (para mayor comodidad, usa hombreras). Levanta la tabla a la altura de la copa de la maleza y pisa en ella, con todo el peso de tu cuerpo, para doblar los tallos de los pastos y hierbas cerca de la base. Repite esta acción, avanzando a pequeños pasos³. El peso de las plantas debe mantenerlos doblados. Esto es particularmente efectivo donde la vegetación está dominada por pastos suaves como *Imperata*. Los pastos viejos y robustos, como los de tallos de caña (por ejemplo, *Phragmites*, *Saccharum*, *Thysanolaena* spp.), no deben ser aplastados, porque pueden fácilmente rebrotar de los nodos a lo largo de sus tallos. Aplastar la maleza es mucho más fácil que cortarla; una persona experimentada puede aplastar alrededor de 1,000 m² al día.

La acción de aplastar se lleva óptimamente a cabo, cuando las malezas tienen una altura de alrededor de 1 m o más: las plantas más bajas tienden a brotar nuevamente, poco después de haber sido aplastadas. El mejor momento para aplastar el pasto es, normalmente, alrededor de dos meses después de haber empezado las lluvias, cuando los tallos de los pastos se doblan fácilmente. Antes de aplastar en gran escala, haz una prueba simple en un área pequeña. Aplasta el pasto y espera hasta el día siguiente. Si el pasto se ha vuelto a levantar en la mañana, espera unas semanas más, antes de hacerlo de nuevo. Aplasta las malezas siempre en la misma dirección. En laderas, aplasta el pasto cerro abajo. Si las plantas son aplastadas cuando están húmedas, el agua en las hojas ayuda a apelmazarlas, de modo que es menos probable que se vuelvan a levantar.

La acción de aplastar usa eficazmente la biomasa de las mismas malezas para ponerlas en la sombra y matarlas. Las plantas en las capas inferiores de la masa de vegetación aplastada mueren



Primero, marca las fuentes de regeneración natural del bosque.

Aplastar el pasto con una tabla de madera es particularmente adecuado, para suprimir el crecimiento del pasto *Imperata* y liberar la regeneración natural de la competencia.



³ www.fs.fed.us/psw/publications/documents/others/5.pdf and www.fao.org/forestry/anr/59221/en/

por la falta de luz. Algunas plantas pueden sobrevivir y volver a crecer, pero lo hacen mucho más despacio que si hubieran sido cortadas. Por ello, la acción de aplastar no tiene que repetirse tantas veces como la de cortar. La vegetación aplastada suprime la germinación de las semillas de las malezas, al bloquear la luz. También protege la superficie del suelo de la erosión y añade nutrientes al suelo, conforme las capas inferiores empiezan a descomponerse. Aplastar la maleza abre el sitio de restauración, haciendo más fácil moverse de un lado a otro y trabajar con los árboles jóvenes. También ayuda a reducir la severidad de incendios. Las malezas aplastadas son mucho menos inflamables, que las que están erguidas por la falta de circulación de aire, dentro de la masa de vegetación aplastada. Si se queman, pero la altura de la llama es más baja, de modo que hay menos probabilidad de que las copas de los árboles se chamusquen.

No es recomendable el uso de herbicida para despejar la maleza, donde la densidad de la regeneración natural sea alta, ya que es muy difícil prevenir que el spray se extienda al follaje de los árboles regenerados naturalmente.

El uso de fertilizantes

La mayoría de las plántulas y árboles jóvenes de hasta alrededor de 1.5 m de altura, responderán bien a las aplicaciones de fertilizante, sin importar la fertilidad del suelo. Las aplicaciones de fertilizante incrementan, tanto la supervivencia como la aceleración del crecimiento y desarrollo de la copas. Esto conlleva al cierre de copas y sombreado de las malezas, más pronto que si no se hubiera aplicado fertilizante, y así reduce los costos del trabajo, por desmalezar en forma de aro o aplastar la maleza. De modo que, aunque los fertilizantes químicos pueden ser costosos, los costos son parcialmente compensados a largo plazo, por los ahorros en las acciones de desmalezar. Como alternativa más barata a los fertilizantes químicos, se puede usar fertilizantes orgánicos, tales como el estiércol. Es probablemente un desperdicio de esfuerzo y dinero, aplicar fertilizante a tocones y árboles más viejos, que ya han desarrollado su sistema de raíces.

Ayudando a los tocones a rebrotar

La importancia del rebrote de los tocones, en acelerar el cierre de copas y su contribución a la riqueza de especies de árboles en los sitios de restauración, se ha tratado en la **Sección 2.2**. Pero, además de la recomendación general de que los tocones de árboles deben ser protegidos de seguir siendo talados, quemados o ramoneados, no se ha probado casi ningún tratamiento para mejorar su papel potencial en la RNA. Experimentos en 'cultivo de tocones', pudieron probar la eficacia de i) aplicar químicos para prevenir la descomposición por hongos o ataques de termitas, ii) aplicaciones de hormonas de plantas para estimular el crecimiento de los brotes y el rebrote, y iii) podando los brotes débiles del rebrote, para liberar más recursos de la planta para los que quedan.

Raleo de los árboles regenerados naturalmente

Donde dominan rodales densos de una sola especie, el raleo sucederá naturalmente, conforme los árboles más altos vayan produciendo sombra sobre los más bajos. Este proceso puede ser acelerado, talando selectivamente algunos de los árboles más pequeños (en vez de esperar a que se mueran naturalmente). Esto provee claros de luz, en las que otras especies de árboles menos comunes pueden establecerse y debe incrementar la riqueza de especies de árboles en general.

Asistir a la lluvia de semillas

A lo largo de este libro se ha enfatizado la importancia de la dispersión de semillas, como un servicio ecológico vital y gratuito, que asegura la re-colonización de los sitios de restauración por especies de árboles de bosque clímax (ver **Secciones 2.2, 3.1 y 5.1**). ¿Cómo puede ser mejorada?.

5.2 REGENERACIÓN NATURAL 'ASISTIDA' O 'ACELERADA' (RNA)

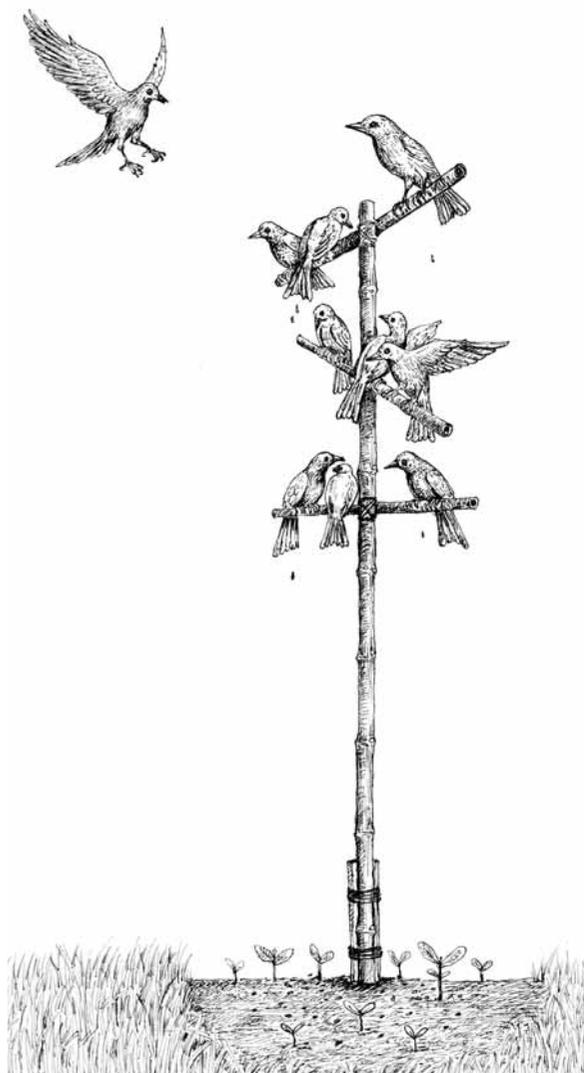
Las perchas artificiales para aves son, en teoría, una manera rápida y barata de atraer aves e incrementar la lluvia de semillas en los sitios de restauración. Las perchas constan normalmente de 2-3 postes, que tienen barras cruzadas que apuntan en diferentes direcciones. Aunque la lluvia de semillas se incrementa debajo de la percha (Scott *et al.*, 2000; Holl *et al.*, 2000; Vicente *et al.*, 2010), el establecimiento de plántulas se incrementa solamente si las condiciones para la germinación y el crecimiento de éstas, es favorable debajo de las perchas. Las semillas pueden ser dispersadas o las plántulas jóvenes pueden ser dejadas fuera de la competencia con la maleza herbácea (Holl 1998; Shiels & Walker 2003). De modo que, eliminar la maleza debajo de las perchas, es necesario si no están en sitios con baja densidad de maleza.

Aunque las perchas artificiales atraen a aves, son menos eficaces que los mismos árboles y arbustos, que proveen el beneficio adicional de sombrear la maleza, y así mejorar las condiciones para el establecimiento de las plántulas. Establecer una vegetación estructuralmente diversa, incluyendo arbustos frutales o árboles remanentes, es la mejor manera de atraer a aves y animales dispersores de semillas, pero lleva tiempo. Entre tanto, las perchas artificiales para aves pueden ser una medida provisional.

En áreas perturbadas, la lluvia de semillas natural es dominada por especies de árboles de bosque secundario, frecuentemente de árboles que fructifican dentro del mismo sitio degradado (Scott *et al.*, 2000). Por ello, las perchas pueden incrementar la densidad, sin incrementar la riqueza de especies. Bajo tales circunstancias, la lluvia de semillas traída por las aves, debe ser complementada con la siembra directa de árboles de bosque clímax menos comunes.

Las limitaciones de la RNA

La RNA actúa solamente en la regeneración natural que ya está presente en los sitios deforestados. Puede lograr un dosel rápidamente, pero solo donde la regeneración está presente en una densidad suficientemente alta. La mayoría de los árboles que colonizan áreas degradadas son especies pioneras, relativamente pocas, comunes, demandantes de luz (ver **Sección 2.2**), que producen semillas que son dispersadas por el viento o pequeñas aves. Representan solamente una fracción pequeña de especies de los árboles que crecen en el bosque-objetivo. Donde los animales silvestres siguen siendo comunes, los árboles 'asistidos' atraerán animales dispersores de semillas, resultando en el reclutamiento de especies de árboles. Pero donde las especies de grandes animales dispersores de semillas han sido extinguidas, plantar especies de árboles de bosque clímax de semillas grandes, puede ser la única manera para transformar el bosque secundario, creado por la RNA, en un bosque clímax.



Perchas artificiales que pueden ser usadas para incrementar la dispersión de semillas del bosque intacto, a los sitios de restauración.

5.3 El método de las especies ‘framework’

La plantación de árboles debe ser usada para complementar la protección y la RNA siempre, donde haya menos de 3,100 árboles regenerados naturalmente por hectárea y/o menos de 30 especies de árboles (o aproximadamente 10% del número estimado de especies de árboles en el bosque-objetivo, si fuera conocido) estén representados. El método de las especies ‘framework’ (es decir, ‘de marco’) es la opción menos intensiva de las opciones de plantación de árboles: explota los mecanismos naturales (y gratuitos) de dispersión de semillas, para facilitar la recuperación de la biodiversidad. Este método consiste en plantar la menor cantidad de árboles, necesarios para sombrear las malezas (es decir, para proveer la ‘re-captura’ del sitio) y atraer animales dispersores de semillas.

Para que el método surta efecto, los árboles remanentes del tipo de bosque-objetivo que puedan actuar como fuentes de semillas, deben estar a pocos kilómetros del sitio de restauración. Los animales (mayormente aves y murciélagos), que son capaces de dispersar semillas, desde retazos de bosque remanente o árboles aislados hacia el sitio de restauración, también deben ser bastante comunes (ver **Sección 3.1**). El método de las especies ‘framework’ mejora la capacidad de dispersión de semillas natural, para lograr un reclutamiento rápido de especies de árboles en las parcelas de restauración. Por consiguiente, los niveles de biodiversidad se recuperan, hacia aquellos típicos de los ecosistemas de un bosque clímax, sin la necesidad de tener que plantar todas las especies de árboles que comprende el ecosistema del bosque-objetivo. Adicionalmente, los árboles plantados rápidamente re-establecen la estructura y el funcionamiento del bosque, y crean las condiciones en el suelo del bosque, que propician la germinación de semillas de árboles y el establecimiento de plántulas. El método se concibió primero en Australia, donde se usó inicialmente para restaurar sitios degradados, en el Área de Patrimonio Mundial de los Trópicos Húmedos en Queensland (ver **Cuadro 3.1**). Desde entonces, ha sido adaptado para el uso de varios países del sudeste asiático.

¿Qué son las especies de árboles ‘framework’?

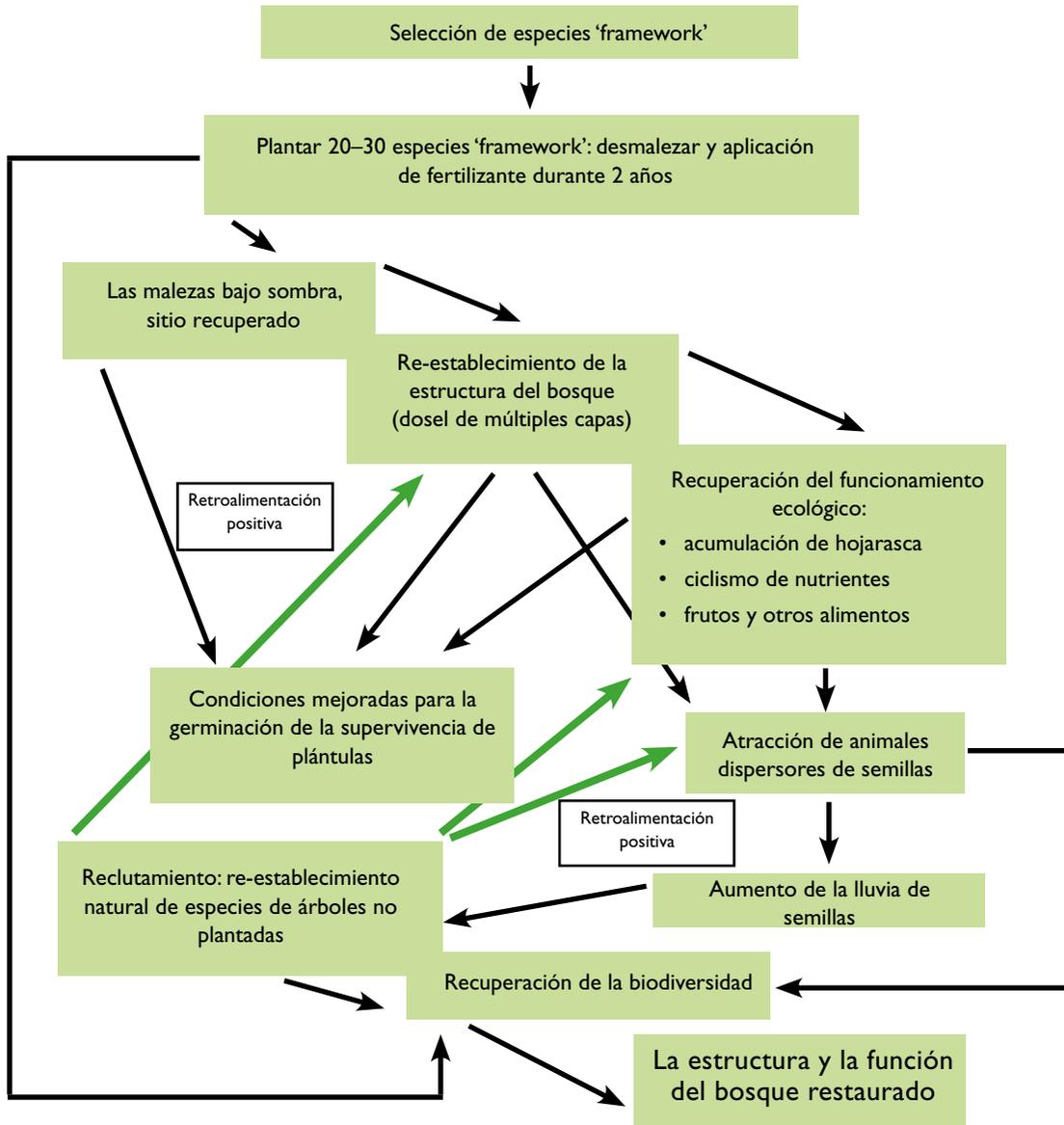
El método de especies de árboles ‘framework’, supone plantar mezclas de 20–30 (o aproximadamente 10% del número estimado de especies de árboles en el bosque-objetivo, si fuera conocido) de especies de árboles de bosque nativo, que son típicos del ecosistema del bosque-objetivo y comparten las siguientes características ecológicas:

- altas tasas de supervivencia al ser plantados en sitios deforestados;
- crecimiento rápido;
- copas densas y extensas para producir sombra sobre las malezas;
- la provisión de flores, frutos u otros recursos a una edad joven, que atrae a animales salvajes dispersores de semillas.

En los trópicos estacionalmente secos, donde los incendios forestales son un riesgo anual, una característica deseada adicional de las especies ‘framework’ es su resistencia al fuego. Cuando las medidas de prevención de incendios fracasan, el éxito de las plantaciones de restauración de bosque depende de la habilidad de los árboles plantados para re-brotar de sus raíces, después de que el fuego haya quemado sus partes por encima del suelo (es decir, rebrote, ver **Sección 2.2**).

Una consideración práctica es que las especies de árboles ‘framework’ deben ser fáciles de propagar e, idealmente, sus semillas deben germinar rápidamente y en sincronización, con crecimiento posterior de plántulas vigorosas y de un tamaño plantable (30–50 cm de altura) en menos de 1 año. Además, cuando la restauración de bosque deba rendir beneficios a las comunidades locales, los criterios económicos como la productividad y el valor de los productos y los servicios ecológicos provistos por cada especie, pueden ser tomados en cuenta.

Cómo funciona el método de las especies 'framework'



¿Son los árboles 'framework' pioneros o clímax?

Las mezclas de especies de árboles 'framework' para plantar, deben incluir tanto especies pioneras como clímax (o las especies que representan todas las 'asociaciones' sucesionales explicadas en la **Sección 2.2**, si fueran conocidas). La sucesión de bosques puede ser 'acortada' plantando, tanto árboles pioneros como clímax, en un solo paso. Pero, para lograr un rápido cierre de copas, Goosem y Tucker (1995) recomiendan, que al menos 30% de los árboles plantados sean pioneros.

Muchas especies de árboles de bosque clímax se comportan bien en condiciones abiertas, soleadas, de áreas deforestadas, pero fracasan en colonizar áreas como éstas naturalmente, por la falta de dispersión de semillas. Las especies de árboles clímax tienen frecuentemente semillas grandes, dispersadas por animales y la disminución de grandes mamíferos en vastas

áreas, impide la dispersión de estos árboles a los sitios deforestados. Al incluir alguno de ellos entre los árboles plantados, es posible superar las limitaciones y acelerar la recuperación del bosque clímax.

Los árboles pioneros plantados, aportan la mayor contribución a un cierre temprano de copas y sombreado de la maleza. El punto en que las copas de los árboles dominan sobre la capa herbácea, se llama 're-capturación del sitio'. Las especies pioneras maduran temprano, y algunas empiezan a florecer y a tener frutos solo 2–3 años después de haber sido plantadas. El néctar de flores, frutas pulposas, y los sitios percha y de anidamiento creados dentro de las copas de los árboles, atraen a todos los animales silvestres del bosque cercano. La diversidad de los animales aumenta dramáticamente, al tiempo que se van estableciendo los árboles nuevos y, lo más importante, muchos animales que visitan los sitios de restauración cargan semillas de árboles del bosque clímax. Además, el suelo fresco, sombreado, húmedo, rico en humus y libre de maleza, creado debajo de la copa de los árboles plantados, provee condiciones ideales para la germinación de semillas.

Las especies pioneras empiezan a morir después de 15 o 20 años, creando claros de luz. Éstas permiten que los árboles jóvenes de especies entrantes, crezcan y reemplacen en el dosel del bosque a los pioneros plantados. Si solamente se plantaran especies de árboles pioneros de corta vida, podrían morir antes de que el número suficiente de especies se haya establecido, conduciendo a la posibilidad de una re-invasión del sitio por las malezas herbáceas (Lamb, 2011). Las especies de árboles clímax forman un sotobosque que previene esto. También añaden diversidad, y algunas de las características estructurales y nichos del bosque clímax, desde el comienzo mismo del proyecto de reforestación.

Especies raras o amenazadas

Las especies de árboles raras o amenazadas, son improbables de reclutar a los sitios de restauración por sus propios medios, porque su fuente de semillas está probablemente limitada y pueden haber perdido sus mecanismos primarios de dispersión de semillas. Incluir estas especies en las plantaciones de restauración de bosque, puede ayudar a prevenir su extinción, aun cuando carecen de algunas características 'framework'. La información sobre las especies de árboles del mundo amenazadas, está agrupada en el Programa Medioambiental del Centro de Monitoreo de Conservación Mundial de las Naciones Unidas⁴.

La selección de las especies de árboles 'framework'

Hay dos fases para la elección de las especies 'framework': i) una evaluación preliminar, basada en el conocimiento actual, para identificar 'candidatos' para especies 'framework' para pruebas; y ii) experimentos de vivero y campo para confirmar las características. Al comienzo de un proyecto, es probable que la información detallada sobre cada especie sea escasa. La investigación preliminar debe basarse en fuentes de información existentes y la inspección del bosque-objetivo. Conforme se van acumulando gradualmente los resultados de los experimentos de vivero y campo, la lista de especies de árboles 'framework' puede ser gradualmente refinada (ver **Sección 8.5**). La elección de especies 'framework' irá mejorando gradualmente con cada plantación, conforme se vayan descartando las especies de pobre rendimiento y se vayan probando nuevas especies.

Las fuentes de información para investigaciones preliminares incluyen: i) floras, ii) los resultados de la inspección del bosque-objetivo (ver **Sección 3.2**), iii) conocimiento local nativo y iv) artículos científicos y/o informes de proyectos que describan cualquier trabajo previo en el área (**Tabla 5.1**).

⁴ www.earthsendangered.com/plant_list.asp

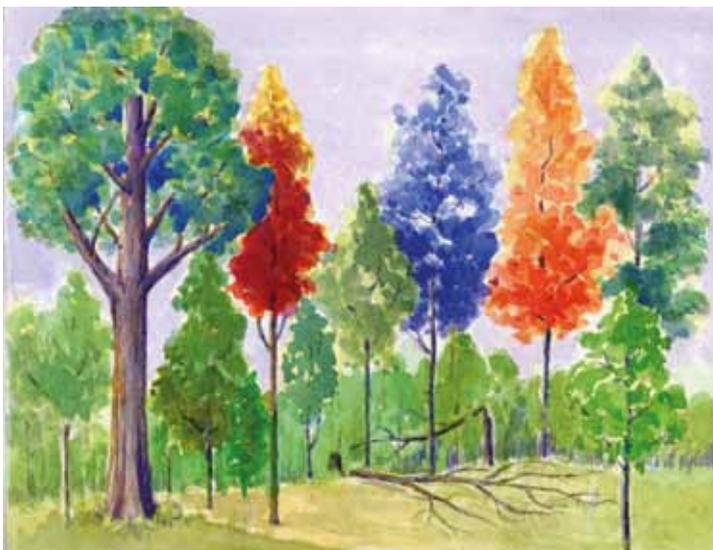
5.3 EL MÉTODO DE LAS ESPECIES 'FRAMEWORK'



En el método de especies 'framework', tanto las especies de árboles pioneros (coloreados en azul) y las especies clímax (coloreados en rojo) son plantadas al mismo tiempo con un espaciamiento de 1.8 m, como 'atajo' en la sucesión, mientras se preservan también todos los árboles y plántulas que crecen naturalmente (verde).



Los árboles pioneros plantados crecen rápidamente y dominan el dosel superior. Empiezan a florecer y dar frutos pocos años después de haber sido plantados. Esto atrae a animales dispersores de semillas. Las especies de árboles clímax plantadas forman un sotobosque, mientras que las plántulas son 'reclutadas', es decir, especies no-plantadas (traídas por los animales silvestres atraídos) crecen en el suelo del bosque.



En 10-20 años, algunos de los árboles pioneros empiezan a morir, formando claros de luz en las que las especies reclutadas puedan florecer. Las especies de árboles clímax se alzan para dominar la estructura del dosel del bosque, el funcionamiento ecológico y los niveles de biodiversidad avanzan hacia el bosque clímax.

Tabla 5.1. Análisis preliminar y selección final de especies de árboles 'framework' se basa en una diversa gama de diferentes fuentes de información*.

		Análisis preliminar			Selección final	
'Framework' característica	Floras	Estudio de bosque-objetivo	Conocimiento nativo	Artículos e informes de proyectos previos	Estudios de vivero (ver Sección 6.6)	Pruebas de campo (ver secciones 7.5 y 7.6)
Nativos, no-domesticados, adecuados al hábitat o la altura	Indicados con frecuencia en descripciones de plantas en la literatura botánica	Listas especies de árboles del estudio del bosque-objetivo	No confiable: pobladores frecuentemente fracasan en distinguir entre especies nativas y exóticas	EIAS** y estudios previos para planes de manejo de conservación frecuentemente enumeran especies de árboles locales	-	-
Alta supervivencia y crecimiento	-	-	Pregunta a los pobladores locales qué especies de árboles crecen bien y sobreviven en campos de barbecho	Improbable, excepto para especies comerciales en proyectos de silvicultura previos	Estima la supervivencia y el crecimiento de plántulas que crecen en los viveros	Muestra de monitoreo de árboles plantados de cada especie para la supervivencia y el crecimiento (Sección 7.5)
Copa densa y ancha produce sombra sobre la maleza	Pocos textos se ocupan de la estructura de copas de árboles	Observa la estructura de las copas de árboles en el bosque objetivo	-	-	Tamaño de hoja y arquitectura de copa puede indicarse por los árboles jóvenes en el vivero	Muestra de monitoreo de árboles plantados para cada especie en cuanto a ancho de la copa y cubierta de malezas reducida debajo
Atractivo para la vida salvaje	Frutos pulposos y flores ricas en néctar indicadas en descripciones taxonómicas	Observa el tipo de fruto y los animales que comen frutos o flores en bosques objetivo	Los pobladores saben frecuentemente qué especies de árboles atraen a las aves	-	-	Estudios de fenología de los árboles después de la plantación
Resistentes al fuego	-	Inspección de árboles en áreas recientemente quemadas	Los pobladores suelen saber qué especies de árboles se recuperan después de quemar en campos en barbecho	-	-	Donde las medidas de prevención de incendios fracasan, inspecciona los árboles en las parcelas quemadas inmediatamente después de un incendio y un año después
Fácil de propagar	-	-	-	Poco probable excepto para especies comerciales en proyectos de silvicultura	Experimentos de germinación y monitoreo de plántulas	-
Especies climax o de semillas grandes	Frecuentemente indicados en descripciones de plantas en la literatura botánica	Observa los frutos y las semillas de los árboles en el bosque objetivo	-	-	-	-

* La organización e integración de esta información es analizada en la Sección 8.5

** Evaluación de impacto ambiental

5.3 EL MÉTODO DE LAS ESPECIES 'FRAMEWORK'

La flora puede aportar datos taxonómicos básicos sobre especies en consideración, así como su idoneidad para los requerimientos específicos del sitio, como la restauración del bosque-objetivo o el rango de elevación. También indican si una especie produce frutos pulposos o flores ricas en néctar, que puedan atraer a los animales salvajes.

La inspección del bosque-objetivo (ver **Sección 3.2**) aporta un montón de información original, que es útil para la selección de especies de árboles 'framework', incluyendo una lista de especies de árboles nativos, y listas de especies que tienen flores ricas en néctar, frutos pulposos o copas densas y extensas, que son capaces de sombrear las malezas. Los estudios de fenología ofrecen información sobre qué árboles atraerán a los animales silvestres dispersores de semillas. Estudios del conocimiento botánico de la población local (la etnobotánica), también pueden echar luz sobre el potencial de los árboles de actuar como especies 'framework'. Al realizar estudios como éstos, es importante trabajar con las comunidades que tienen una larga historia de convivencia cerca de bosques, especialmente aquellos que practican la agricultura de rotación (quema y roce). Los agricultores de estas comunidades, normalmente saben qué especies de árboles colonizan fácilmente los campos de barbecho y crecen rápidamente, y cuáles atraen a los animales silvestres. No obstante, los resultados de estos estudios se deben examinar críticamente. La población local a veces aporta información que ellos piensan que va a gustar al investigador, en vez de basarse en la experiencia real. Las supersticiones y creencias tradicionales, también pueden distorsionar la evaluación objetiva de las capacidades de las especies de árboles. Por consiguiente, la información etnobotánica es fiable, solamente si es proporcionada independientemente por los miembros de varias comunidades diferentes, con diferentes antecedentes culturales. Para diseñar estudios etnobotánicos efectivos, por favor consulten a Martin (1995).

La población local también sabe si otros investigadores han estado activos en el área, y de qué organizaciones o instituciones vinieron. Los departamentos forestales y las autoridades de área protegidas, realizan frecuentemente inspecciones de biodiversidad, aunque los resultados podrían estar en informes inéditos. Contacta a estas organizaciones y pregunta por el acceso a tales informes. El herbario local o nacional podría también tener especímenes de árboles de tu sitio de proyecto. Revisar las etiquetas del herbario, puede revelar mucha información útil. Si se han realizado proyectos de desarrollo cerca del sitio de tu proyecto, es probable que se haya realizado una evaluación de impacto ambiental (EIA), incluyendo un estudio de la vegetación. De manera que vale la pena contactar a la agencia que realizó la EIA. Si han estado activos estudiantes de investigación en el área, las universidades también podrán ser una fuente de información más detallada. Finalmente, siempre está internet. Simplemente escribir el nombre del sitio de tu proyecto en el buscador, puede revelar fuentes de información adicionales importantes.

Actualmente sólo existen listas de especies de árboles 'framework' probadas en Australia (Goosem & Tucker, 1995) y Tailandia (FORRU, 2006). Pero especies de árboles del mismo género que aquellos enumerados para Australia y Tailandia, podrían dar buen rendimiento en otros países, de manera que incluir algunas en las pruebas de especies 'framework' iniciales, valdrá la pena. Dos taxones pan-tropicales merecen una mención especial, concretamente las higueras (*Ficus* spp.) y las leguminosas. Las especies nativas dentro de estos dos taxones, casi siempre rinden buenos resultados como especies 'framework'. Las higueras tienen sistemas de raíces densos y robustos, que les permiten sobrevivir aún en las condiciones más severas. Los higos que producen, son una fuente irresistible de alimento para una amplia gama de animales dispersores de semillas. Los árboles leguminosos frecuentemente crecen rápido, y tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en nodos de las raíces, que contienen bacterias simbióticas, dando como resultado un rápido mejoramiento de las condiciones del suelo.

Manejo del sitio

Primero, implementa las medidas de protección usuales, descritas en la **Sección 5.1**, particularmente las medidas de prevención, tanto de incendios como de la caza de animales dispersores de semillas. Segundo, protege y cuida cualquier regeneración natural, usando las técnicas de la RNA descritas en la **Sección 5.2**. Tercero, planta suficientes especies de árboles 'framework' para traer el total de las especies al sitio (incluyendo la regeneración natural), hasta alrededor de 30 (o aproximadamente 10% del número estimado de especies de árboles en el bosque-objetivo, si fuera conocido), separados con un espaciamiento de más o menos 1.8 m o a la misma distancia de los árboles regenerados naturalmente: esto traerá la densidad total de árboles al sitio hasta alrededor de 3,100/ha.

Se recomienda desmalezar y aplicar fertilizante frecuentemente, tanto a los árboles plantados, como a los árboles jóvenes que se regeneran naturalmente durante las primeras estaciones de lluvia. Desmalezar previene que los pastos y las hierbas, particularmente las rastreras, ahoguen a los árboles plantados, permitiendo que las copas de los árboles crezcan por encima de la maleza. Las aplicaciones de fertilizantes aceleran el crecimiento de los árboles, resultando en un rápido cierre de copas. Finalmente, monitorea la supervivencia y el crecimiento de los árboles plantados y la recuperación de la biodiversidad en los sitios restaurados, de modo que la elección de especies de árboles 'framework' para futuras plantaciones, pueda ser continuamente mejorada.

Para más información sobre la plantación, el manejo post-plantación y el monitoreo de especies de árboles 'framework', ver **Capítulo 7**.

La siembra directa como alternativa a la plantación de árboles

Algunas especies de árboles pueden ser establecidos directamente en el campo a partir de semillas. La siembra directa conlleva:

- recolectar semillas de árboles nativos en el ecosistema del bosque-objetivo y, si fuera necesario, almacenarlos hasta la siembra;
- sembrarlas en el sitio de restauración, en el momento óptimo del año para la germinación de semillas;
- manipular las condiciones de campo para maximizar la germinación.

La siembra directa es relativamente barata, porque no hay gastos de vivero y plantación (Doust *et al.*, 2006; Engel & Parrotta, 2001). Transportar las semillas al sitio de restauración es obviamente más fácil y más barato, que llevar plántulas en vehículos motorizados, de modo que este método, es particularmente adecuado para sitios menos accesibles. Los árboles que se establecen por la siembra directa, tienen normalmente un mejor desarrollo de su sistema de raíces, y crecen más rápido que los árboles jóvenes criados en viveros (Tunjai, 2011), porque sus raíces no están apretadas dentro de un contenedor. La siembra directa puede ser implementada en combinación con los métodos de la RNA y plantación de árboles convencional, para incrementar tanto la densidad, como la riqueza la regeneración. Adicionalmente al establecimiento de especies de árboles 'framework', la siembra directa puede ser usada con el método de máxima diversidad o para establecer plantaciones de árboles nodriza, pero no funciona con todas las especies de árboles. Se necesitan experimentos para determinar qué especies pueden ser establecidas por la siembra directa y cuáles no.

Obstáculos potenciales para la siembra directa

En la naturaleza, un porcentaje muy bajo de semillas de árboles dispersadas germina, y aún menos plántulas sobreviven para convertirse en árboles maduros. Lo mismo vale para la siembra directa (Bonilla-Moheno & Holl, 2010; Cole *et al.*, 2011). Las mayores amenazas para las

5.3 EL MÉTODO DE LAS ESPECIES ‘FRAMEWORK’

semillas sembradas son: i) desecación, ii) depredación de semillas, particularmente por hormigas y roedores (Hau, 1997) y iii) competencia de malezas herbáceas (ver **Sección 2.2**). Al contra restar estos factores, es posible mejorar las tasas de germinación y supervivencia de semillas, por encima de aquellas de las semillas dispersadas por vía natural.

El problema de la desecación puede superarse seleccionando especies de árboles, cuyas semillas son resistentes a la desecación (es decir, aquellos con cubiertas gruesas) y enterrando las semillas o cubriendo los puntos de siembra con mulch (Woods & Elliott, 2004).

Enterrar las semillas también reduce la depredación, al hacer que las semillas sean más difíciles de encontrar. Tratamientos pre-siembra que aceleren la germinación, pueden reducir el tiempo disponible para que los predadores de semillas las encuentren. Una vez que comienza la germinación, el valor nutricional de las semillas y su atractivo para los predadores disminuye rápidamente. Pero los tratamientos que rompen las cubiertas de las semillas y exponen los cotiledones, a veces aumentan el riesgo de desecación o las hacen más atractivas para las hormigas (Woods & Elliott, 2004). También podría valer la pena explorar la posibilidad de usar químicos, para repeler a los predadores de semillas. Cualquier carnívoro que cace roedores (por ejemplo, aves de rapiña o gatos silvestres), debe ser considerado como recurso valioso en sitios de RNA. La prevención de la caza de estos animales, puede ayudar a controlar las poblaciones de roedores y reducir la depredación de semillas.

Las plántulas de semillas que germinan, son pocas comparadas con los árboles jóvenes criados en viveros, de modo que desmalezar alrededor de las plántulas es especialmente importante y debe ser ejecutado con especial cuidado. Eliminar la maleza meticulosamente, puede incrementar bastante los costos de la siembra directa (Tunjai, 2011).

Las especies adecuadas para la siembra directa

Las especies que tienden a establecerse exitosamente a través de la siembra directa, son generalmente aquellas que tienen grandes semillas esféricas (>0.1 g masa seca), con contenido de humedad mediana (36–70%) (Tunjai, 2012). Las grandes semillas tienen grandes contenidos de alimento, de modo que pueden sobrevivir más tiempo que las más pequeñas y producir plántulas más robustas. Para los predadores es difícil manejar grandes semillas redondas, especialmente si estas semillas también tienen una cubierta dura y lisa.

Las especies de árboles de la familia de las leguminosas, son las más comunes en ser declaradas como adecuadas para la siembra directa. Las semillas leguminosas tienen típicamente cubiertas duras y lisas, haciéndolas resistentes a la desecación y depredación. La capacidad de fijar nitrógeno de muchas especies leguminosas, puede darles una ventaja competitiva sobre las malezas. Las especies de árboles de muchas otras familias, también se han mostrado prometedoras y están enumeradas en la **Tabla 5.2** (Tunjai, 2011).

Los informes publicados de siembras directas, han tendido a concentrarse en las especies de árboles pioneros (Engel & Parrotta, 2001), porque sus plántulas crecen rápidamente, pero las especies de árboles clímax también pueden establecerse exitosamente, a través de la siembra directa. De hecho, dado que generalmente tienen grandes semillas y reservas de energía, las semillas de árboles clímax podrían ser particularmente adecuadas para la siembra (Hardwick, 1999; Cole *et al.*, 2011; Sansevero *et al.*, 2011). Con la desaparición de los grandes dispersores de semillas vertebrados en gran parte de sus rangos, la siembra directa podría ser la única manera de que las semillas grandes de algunas especies de árboles clímax, puedan llegar a los sitios de restauración (el trabajo humano sustituye eficazmente el papel jugado por estos animales).



Carnívoros, como este gato leopardo (*Felis bengalensis*), pueden ayudar a controlar las poblaciones de roedores predadores de semillas, de modo que se debe evitar capturarlos o matarlos en los sitios de restauración.

Tabla 5.2. Informes de especies y técnicas para una siembra directa exitosa de alrededor del mundo tropical. (Preparado por Panitnarn Tunjai.)						
Localización	Tiempo óptimo de siembra	Tipo de bosque	Altitud (m)	Especies exitosas	Métodos recomendados	Referencia
Tailandia del sur	Comienzo de estación de lluvia	De tierra baja siempreverde	<100	<i>Artocarpus dadah</i> (Moraceae), <i>Callerya atropurpurea</i> (Leguminosae), <i>Virex pinnata</i> (Lamiaceae), <i>Palaquium obovatum</i> (Sapotaceae) y <i>Diospyros oblonga</i> (Ebenaceae)	Tubo para prevenir el movimiento de semillas sin mulch ni fertilizante en los dos primeros años	Tunjai, 2012
Tailandia del norte	Comienzo de estación de lluvia	Dipterocarpacea seco	300–400	<i>Afzelia xylocarpa</i> (Leguminosae) y <i>Schleichera oleosa</i> (Sapindaceae)	No desmalezar en el primer año después de sembrar, escarificación para acelerar o maximizar la germinación de ambas especies con semillas de cubierta dura	Tunjai, 2012
		Colina siempreverde	1,200–1,300	<i>Balekate baccata</i> (Euphorbiaceae), <i>Syzygium fruticosum</i> (Myrtaceae), <i>Aquilaria crassa</i> (Thymelaeaceae), <i>Sarcosperma arboreum</i> (Sapotaceae) y <i>Choerospondias axillaris</i> (Anacardiaceae)	No desmalezar en el primer año después de sembrar	
Tailandia del norte	Comienzo de estación de lluvia	Colina siempreverde	1,200–1,300	<i>Choerospondias axillaris</i> (Anacardiaceae), <i>Sapindus rarak</i> (Sapindaceae) y <i>Lithocarpus elegans</i> (Fagaceae)	Enterrar; tratamientos pre-siembra para acelerar o maximizar la germinación	Woods & Elliott, 2004
Camboya	Estación de lluvia	Caducifolio tropical	85	<i>Afzelia xylocarpa</i> (Leguminosae), <i>Albizia lebbbeck</i> (Leguminosae) y <i>Leucaena leucocephala</i> (Leguminosae)	Arar el suelo con tractor y aplicar estiércol de vaca antes de sembrar	Cambodia Tree Seed Project, 2004
Hong Kong	Comienzo de estación de lluvia	Semsiempreverde	200–550	<i>Triadica cochinchinensis</i> (Euphorbiaceae), <i>Microcos paniculata</i> (Malvaceae) y <i>Choerospondias axillaris</i> (Anacardiaceae) ^a	Enterrar semillas 1–2 cm bajo la superficie del suelo	Hau, 1999
Australia	Estación de lluvia	Enredaderas mesófilas y notófilas complejas	121–1,027	<i>Acacia celsa</i> (Leguminosae), <i>Acacia aulacocarpa</i> (Leguminosae), <i>Alphitonia petriei</i> (Rhamnaceae), <i>Aleurites rockinghamensis</i> (Euphorbiaceae), <i>Cryptocarya oblata</i> (Lauraceae) y <i>Homalanthus novoguineensis</i> (Euphorbiaceae)	Enterrar semillas; desmalezar mecánica y químicamente, antes de sembrar y dos aplicaciones de herbicidas (glifosato) subsiguientes, 1 mes aparte. Establecimiento más consistente al usar especies de semillas grandes	Doust et al., 2006 y 2008

Tabla 5.2. continuación.

Localización	Tiempo óptimo de siembra	Tipo de bosque	Altitud (m)	Especies exitosas	Métodos recomendados	Referencia
Brasil	Comienzo de estación de lluvia	Semi-caducifolio estacional	464-775	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Leguminosae) y <i>Schizolobium parahyba</i> (Leguminosae)	Herbicida (glifosato) antes de sembrar; adicionalmente aplicación puntual y desmalezar manualmente alrededor de la plántula	Engel & Parrotta, 2001
Brasil	Finales estación de lluvia	Semi-caducifolio estacional	574	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Leguminosae) y <i>Schizolobium parahyba</i> (Leguminosae)	Subsolador profundo para preparar surcos de siembra de 40 cm de profundidad	Siddique et al., 2008
Brasil	Finales estación de lluvia	Tierra firme	N/A	<i>Caryocar villosum</i> (Caryocaraceae) y <i>Parkia multijuga</i> (Leguminosae)	Sembrar especies de semillas grandes no-pioneras	Camargo et al., 2002
Brasil	Comienzos de estación de lluvia	Bosque húmedo siempreverde	—	<i>Spondias mombin</i> (Anacardiaceae), <i>Parkia gigantearca</i> (Leguminosae), <i>Caryocar glabrum</i> (Caryocaraceae), <i>Caryocar villosum</i> (Caryocaraceae), <i>Couepia</i> sp. (Chrysobalanaceae), <i>Bertholletia excelsa</i> (Lecythidaceae), <i>Carapa guianensis</i> (Meliaceae) y otras 27 especies	En mina de tajo abierto: surcos profundos de 90 cm, añadir 15 cm suelo superficial; siembra las semillas a lo largo de surcos alternados, 2 x 2 m	Knowles & Parrotta, 1995
Costa Rica	Comienzos de estación de lluvia	Montano	1,110-1,290	<i>Garcinia intermedia</i> (Clusiaceae)	Sembrar semillas de sucesión tardía después del establecimiento de árboles fijadores de nitrógeno, de crecimiento rápido	Cole et al., 2011
México	—	Semi-siempreverde estacional	—	<i>Brosimum alicastrum</i> (Moraceae), <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Leguminosae) y <i>Manilkara zapota</i> (Sapotaceae)	Sembrar semillas en bosque joven de sucesión (8-15 años) o bosque de referencia (>50 años)	Bonilla-Moheno & Holl, 2010
México	Comienzos de estación de lluvia	Tropical estacional	—	<i>Swietenia macrophylla</i> (Meliaceae)	Enterrar semillas a 0.5 cm bajo la superficie del suelo; desbroce y quema para el despeje de los sitios	Negretos & Hall, 1996
Jamaica	Comienzos de estación de lluvia	Seco	140	<i>Eugenia</i> sp. (Myrtaceae) y <i>Calyptanthus pallens</i> (Myrtaceae)	Sembrar semillas bajo sombra con suplemento de humedad	McLaren & McDonald, 2003
Uganda	Comienzos de estación de lluvia.	Siempreverde húmedo semi-caducifolio	1,250-1,827	<i>Strombosia schefferi</i> (Olacaceae), <i>Craterispermum laurinum</i> (Rubiaceae), <i>Musanga leo-errerae</i> (Urticaceae) y <i>Funtumia africana</i> (Apocynaceae)	Aflojar el suelo antes de la siembra	Muhanguzi et al., 2005

Siembra aérea

La siembra aérea es una extensión lógica de la siembra directa. Puede ser útil donde la siembra directa deba aplicarse en áreas muy grandes, para restaurar sitios escarpados inaccesibles, o donde escasea la mano de obra. Muchas de las especies elegidas y tratamientos pregerminativos de las semillas, desarrollados para la siembra directa, pueden ser aplicados igualmente en la siembra aérea.

China es el líder en esta tecnología, habiendo ejecutado decenas de programas de investigaciones en la siembra aérea desde los años 1980s y habiendo aplicado el método en millones de hectáreas, para establecer plantaciones mayormente de coníferas y para contrarrestar la desertificación. Enterrar las semillas para prevenir su depredación no es una opción en la siembra aérea, de modo que el Instituto de Investigación Forestal de Beipiao, Provincia de Liaoning, desarrolló un 'agente de propósito múltiple' que previene la desecación, mejora las raíces e incrementa la resistencia de las semillas contra enfermedades (Nuyun & Jingchun, 1995).

Las siembras aéreas previas para la silvicultura en América y Australia (normalmente para establecer monocultivos de pinos y eucalipto) involucraban tirar semillas, bien sin protección o bien incrustadas en bolas de barro, desde aviones o helicópteros (Hodgson & McGhee, 1992). Un sistema de repartición más efectivo para especies de árboles mixtas, puede consistir en colocar las semillas en proyectiles biodegradables, que son capaces de penetrar la cubierta de maleza y alojar las semillas en la superficie del suelo. Además de las semillas mismas, estos proyectiles podrían contener gel de polímero (para prevenir la desecación), bolitas de fertilizantes que se liberan lentamente, químicos que repelen a predadores e inoculaciones de microbios (Nair & Babu, 1994), que juntos maximizarían el potencial de la germinación de las semillas, y la supervivencia y el crecimiento de las plántulas. Actualmente se está investigando un avión tele-dirigido, que es capaz de repartir exactamente 4 kg de semillas por vuelo, usando la tecnología GPS (Hobson, pers. comm.). Un avión tele-dirigido ofrece una repartición aérea de bajo costo, provee la opción de monitorear con más frecuencia y hace posible el monitoreo en áreas de difícil acceso.

Uno de los obstáculos principales para el éxito de la siembra aérea en sitios grandes e inaccesibles, es la incapacidad de desmalezar eficazmente y el fracaso consiguiente de proteger a las plántulas en germinación, de la competencia con hierbas y pastos. La fumigación aérea es rutinaria en la agricultura y podría ser usada para, inicialmente, despejar la maleza en los sitios de restauración, provisto de que exista poca regeneración natural que valga la pena ser salvada. No obstante, después de que las semillas de los árboles hayan germinado, las fumigaciones aéreas podrían matar las plántulas junto con la maleza. Se necesitan herbicidas específicos que puedan matar malezas, sin matar la regeneración natural o plántulas en germinación de las semillas repartidas por la siembra aérea.

Limitaciones del método de las especies 'framework'

Para la recuperación de la riqueza de especies de árboles, el método de las especies 'framework' depende de remanentes cercanos de bosque para proveer i) una fuente diversa de semillas y ii) un hábitat para animales dispersores de semillas. Pero, ¿cómo de cerca debe estar el bosque restante?. En sitios de bosque siempreverde fragmentados, en el norte de Tailandia, mamíferos de tamaño mediano como los gatos civetas, pueden dispersar las semillas de algunas especies de árboles de bosque hasta 10 km. De manera que la técnica puede potencialmente funcionar a pocos kilómetros de los restos de bosque, pero obviamente, cuanto más cerca esté el sitio de restauración de remanentes de bosques clímax, tanto más rápido se recuperará la biodiversidad. Si las fuentes de semillas o los dispersores están ausentes en el paisaje, la recuperación de la riqueza de árboles no sucederá, salvo que casi todas las especies del bosque original sean replantadas, o bien como semillas o bien como plántulas criadas en viveros. Este es el enfoque de la 'máxima diversidad' para la restauración.

Cuadro 5.3. ‘Rainforestation’

La ‘Rainforestation’ comparte muchas similitudes con el método de restauración de bosque de especies ‘framework’, particularmente su énfasis en plantar especies de árboles nativos en altas densidades, para sombrear la maleza herbácea y restaurar los servicios ecológicos, la estructura del bosque y el hábitat de animales salvajes. Pero el método de la Rainforestation ha sido adaptado a la particular situación ecológica y socio-económica de Filipinas. Con la población humana más densa y en rápido ascenso, de todos los países del sudeste asiático (excluyendo a Singapur), creciendo de 27 millones en 1960 a 92 millones (o 313 por km²) hoy, una tasa de crecimiento anual de 2.1%⁵, la deforestación ha dejado menos de 7% del país cubierto con bosque primario. Con tantas de las especies endémicas de Filipinas, en inminente peligro de extinción por la disminución de la cobertura de bosque primario, la restauración de bosque, claramente tiene que jugar un papel principal en la conservación de la biodiversidad. Por otro lado, con una presión humana tan intensa, se hacen necesarios métodos de restauración que también generen ingresos en efectivo.

“Introducir la idea de ‘plantemos para nuestros bosques’ los agricultores siempre dijeron que debemos pensar en mejorar su agricultura también, entonces, ¿por qué no incluir un componente de sustento de vida?. La Rainforestation es una estrategia de restaurar los bosques, pero al mismo tiempo podría ser una manera de mejorar el ingreso de los agricultores, de modo que tienes que mejorarla incluyendo cultivos ... de manera que se convierta en un sistema de agricultura.” Paciencia Milan (Interview 2011)

Los árboles pioneros son normalmente plantados durante el primer año, seguidos por especies de árboles clímax tolerantes a la sombra (frecuentemente Dipterocarps), que son sub-plantados en el segundo año. La densidad de plantación varía de acuerdo a los objetivos del proyecto: por ejemplo, para la producción de madera, 400 árboles/ha (25% pioneros a 75% clímax árboles maderables); para la agro-silvicultura, 600–1000 árboles/ha (dependiendo de la copa de los árboles frutales que sean incorporados); y para la conservación de la vida salvaje, 2,500 árboles/ha. Puesto que en Filipinas dominan las especies de los dipterocarpios dispersados por el viento, los bosques y el bosque primario remanente, están frecuentemente reducidos a fragmentos remotos, la dispersión de semillas de los bosques a los sitios de restauración por animales, es menos evidente en la Reforestation de lluvia, que es el caso con el método de las especies ‘framework’.

El concepto de Rainforestation fue desarrollado conjuntamente por la Prof. Paciencia Milan de la Universidad Estatal de Visaya (VSU, antes Escuela Estatal de Agricultura de Visaya) y el Dr Josef Margraf de la GTZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) bajo el Programa de Ecología Tropical Aplicada VISCA-GTZ. Las primeras parcelas de pruebas fueron establecidas en 1992 en 2.4 ha de pastizales de *Imperata*, dentro del campus de la VSU que tenía parcelas de café, cacao y bananos y porciones de pradera.



Una parcela original de demostración de Rainforestation de 19 años, plantada en 1992 en la reserva de bosque de 625 ha de la VSU en las faldas del Monte Pangasugan (50 m de altura). En el sitio donde originalmente había pastizales de *Imperata*, ahora hay un bosque con una estructura compleja y una flora y fauna altamente diversa, incluyendo al Tarsiero filipino.

⁵ Cifras del 2010 en www.prb.org/Publications/Datasheets/2010/2010wpds.aspx

Cuadro 5.3. continuación.

La Rainforestation se desarrolló rápidamente, desde el concepto original de un enfoque ecológico en la restauración de bosques húmedos, hacia una 'Agricultura de Rainforestation' o 'agricultura de dosel cerrado y alta diversidad', diseñada para satisfacer las necesidades económicas de la población local, incluyendo el cultivo de árboles frutales y otros cultivos, junto con los árboles del bosque. La premisa básica es que, "cuanto más se asemeja el sistema de una agricultura tropical al bosque húmedo natural, más sostenible es". La meta de la Agricultura de Rainforestation es sostener una producción de alimentos de bosques tropicales, a la vez que se mantiene la biodiversidad y el funcionamiento ecológico. La idea es reemplazar las formas de agricultura de quema y roce, que son más destructivas, con sistemas agrícolas ecológicamente más sostenibles y más rentables.

De 1992 a 2005, la VSU estableció 25 granjas de demostración de Rainforestation en diferentes tipos de suelos en la Isla de Leyte, y los monitoreó en colaboración con pobladores locales. La Rainforestation no solo proveyó a los agricultores de un ingreso, sino que también re-estableció los ecosistemas de bosque con una alta biodiversidad y mejoró la calidad del suelo. La técnica ahora se ha diversificado en tres tipos principales (con 10 sub-tipos) para diferentes propósitos: i) la conservación de la biodiversidad y protección medio ambiental (por ejemplo, la introducción de zonas de amortiguamiento y corredores de vida salvaje hacia las áreas protegidas, prevención de deslizamientos de tierra o estabilización de los bancos de ríos); ii) producción de madera y sistemas agrícolas; y iii) proyectos en áreas urbanas (por ejemplo, embellecimiento de las calles o creación de parques). Se recomiendan diferentes especies de árboles y técnicas de manejo, para optimizar la conservación y/o compensación económica de cada sub-tipo de proyecto, pero el uso de especies de árboles nativos sigue siendo central en el concepto de Rainforestation.

"La Rainforestation no se necesita solo para la restauración de bosque. Se puede usar por otras razones, provisto de que se planten árboles nativos." Paciencia Milan (entrevista 2011)



Un fundo de Rainforestation de 15 años de edad, registrado y basado en la comunidad, establecido en 1996 en una plantación de coco sobre-madura, plantando 2,123 árboles/ha, incluyendo 8 especies de Dipterocarpaceae y un sotobosque de frutales tolerantes a la sombra (por ejemplo, mangostán o durian). Los beneficios se comparten entre los miembros de la comunidad, proporcionalmente a sus colaboraciones de labor voluntaria.

Cuadro 5.3. continuación.

Se ha aceptado la Rainforestation como una estrategia nacional para la restauración de bosque, por el Departamento Filipino de Medio Ambiente y de Recursos Naturales (Circular de Memorando 2004-06). Viveros de especies nativas y parcelas de demostración de Rainforestation son ahora establecidos, para seguir desarrollando la técnica en más de 20 universidades y colegios a través de Filipinas, apoyados por la Fundación Filipina de Conservación de Bosques Tropicales y la Red Filipina de Educación Forestal. La 'Iniciativa de Liderazgo y Capacitación Ambiental (ELTI, por sus siglas en inglés)', junto con la Iniciativa de restauración de Bosques húmedos y el FORRU-CMU, están trabajando con estas instituciones para promover la adopción de la investigación estandarizada y los protocolos de seguimiento, para facilitar la creación de bases de datos nacionales de las especies nativas de árboles y la adaptación de la Rainforestation a los innumerables escenarios medio ambientales que hay en Filipinas.

Fuentes: Milan *et al.* (sin fecha y entrevista 2001); Schulte (2002).

Para información actualizada, por favor entre en el Portal de la Rainforestation en www.rainforestation.ph/

5.4 Los métodos de máxima diversidad

El término 'método de máxima diversidad' fue acuñado primero por Goosem y Tucker (1995), quienes definieron este enfoque como "intentos de recrear en la mayor cantidad posible, la diversidad original (pre-despeje)". El método trata de, eficazmente, recrear la composición de especies de árboles de bosque clímax, a través de una preparación intensa del sitio y un solo evento de plantación, simultáneamente contrarrestando, tanto las limitaciones de hábitat como de dispersión. Para los sitios en los trópicos húmedos de Queensland, Australia, Goosem y Tucker (1995) recomendaron una preparación intensiva del sitio, incluyendo el subsolado profundo, aplicar mulch y riego, conforme fuera requerido, seguido de la plantación de árboles jóvenes de 50–60 cm de altura de hasta 60 tipos, mayormente especies de árboles de vegetación clímax, separados por un espacio de 1.5 m.

"El método se adecúa bien a plantaciones más pequeñas, donde el manejo intensivo es posible y también para áreas aisladas de la vegetación nativa, que podría proveer semillas." Goosem & Tucker (1995)

El enfoque de la máxima diversidad se vuelve aplicable siempre, donde la dispersión natural de semillas ha disminuido hasta tal punto, que ya no es capaz de recuperar la riqueza de especies de árboles en los sitios de restauración, a un ritmo aceptable. Esto podría ser porque quedan demasiado pocos individuos o especies de árboles semilleros, dentro de las distancias de la dispersión de semillas de los sitios de restauración, o porque los animales dispersores de semillas se han vuelto raros o han sido extinguidos. La ausencia de este servicio 'gratuito' de dispersión de semillas debe, por ello, ser compensado con la plantación de casi todas, cuando no de todas, las especies de árboles que comprende el bosque-objetivo clímax, asegurando la alta riqueza de especies de árboles y la representación de especies de dispersión limitada, desde el principio del proceso de restauración.

"Gente plantando árboles, reemplazan a las aves dispersoras de semillas."

Por consiguiente, los métodos de máxima diversidad en la restauración de bosques, son mucho más intensivos y costosos, que las técnicas de especies 'framework'. La diferencia en los costos entre los dos métodos, puede verse como el valor monetario de la pérdida de los mecanismos de dispersión de semillas.

CAPÍTULO 5 HERRAMIENTAS PARA RESTAURAR BOSQUES TROPICALES

Los gastos son altos en todas las fases del proceso. Primero, se necesita una gran cantidad de investigación para lograr un diseño efectivo de la plantación, y la investigación no es barata. La colección y propagación de semillas de la gama completa de especies de árboles, que comprende el ecosistema del bosque-objetivo clímax, son tan difíciles técnicamente como caros.

Las parcelas de bosque que son restauradas con este método, tienden a estar aisladas de bosques naturales, de modo que lamentablemente, están afectadas por todos los problemas de fragmentación descritos en la **Sección 4.3**. Podrían ser necesarios esfuerzos de manejo para i) reducir efectos de borde (por ejemplo al plantar densamente las zonas de amortiguamiento con arbustos y pequeños árboles como cortavientos, ver **Sección 4.4**) y ii) retener a las pequeñas poblaciones de plantas y animales, que pudieran eventualmente colonizar estas parcelas de bosque.

Los árboles de bosque clímax plantados crecen lentamente, de modo que los árboles deben ser plantados cerca el uno del otro para compensar la demora en el cierre de copas y el sombreado de las malezas herbáceas (ver **Cuadro 5.4**). Comparado con la RNA y el método de las especies 'framework', la demora del cierre de copas significa que el control de la maleza debe continuar por más tiempo. Además, los árboles clímax necesitan muchos años para madurar y producir semillas, de las cuales puede desarrollarse un sotobosque de árboles jóvenes clímax. Entre tanto, las parcelas de restauración pueden ser invadidas por especies de malezas leñosas (Goosem & Tucker, 1995), que finalmente compiten con la progenie de las plántulas de árboles clímax plantados. Erradicar este sotobosque indeseado, también se añade a los costos.

A causa de los altos costos, el enfoque de máxima diversidad sólo ha sido implementado por organizaciones con los recursos financieros y/o obligación legal de hacerlo, particularmente compañías mineras y otras grandes corporaciones, así como autoridades urbanas.

Las compañías mineras estuvieron entre los primeros en experimentar con el enfoque de máxima diversidad, principalmente por los requerimientos legales de restaurar o transformar minas a cielo abierto, en áreas de bosques tropicales, a su condición original. Trabajando en una mina de bauxita a cielo abierto en la Amazonia Central, Knowles y Parrotta (1995) reconocieron la necesidad de examinar el rango más amplio posible de especies de árboles nativos, para la posible inclusión en programas de reforestación "donde la sucesión natural está atrasada por barreras físicas, químicas y/o biológicas", para "duplicar, de una manera acelerada el bosque natural, para procesos de sucesión que conduzcan a ecosistemas complejos y auto-sostenidos".

"Al incluir una amplia gama de especies de árboles en el programa de examinación ... sin importar su valor económico... es mucho más probable que puedan establecerse bosques diversificados, que se parezcan y funcionen como bosques naturales." Knowles y Parrotta (1995)

Aunque el bosque primario crecía cerca de la mina, los dispersores de semillas raramente visitaban los sitios de restauración, porque las operaciones mineras continuas creaban barreras tales como áreas desoladas abiertas y carreteras con tráfico pesado. De modo que el método de especies 'framework', que depende de la dispersión natural de semillas para que tenga éxito, no habría facilitado el reclutamiento de especies de árboles.

Por consiguiente, Knowles y Parrotta sistemáticamente examinaron 160 especies de árboles (alrededor del 76%) del bosque húmedo siempreverde ecuatorial cerca de la mina, para desarrollar un sistema de selección de especies que fueran adecuadas para plantaciones de varias especies a una escala operacional. Desarrollaron un sistema de rango de especies (un enfoque similar al descrito en la **Sección 8.5**), que estaba basado en la habilidad de germinar de las semillas, el tipo de material de plantación y las tasas de crecimiento temprano. Los taxones de árboles que eran recomendados para la plantación inicial, fueron clasificados como 'altamente adecuados y tolerantes al sol', aunque 'inicialmente prefieran condiciones sombreadas' (59 taxones (37% de los probados) y 30 taxones (19%), respectivamente). Los 71 taxones restantes demandantes de sombra, representaron casi la mitad de los taxones de

5.5 MEJORAMIENTO DEL SITIO Y PLANTACIONES DE NODRIZAS

árboles del ecosistema del bosque-objetivo, y de ahí que Knowles y Parrotta recomendaran que estos taxones deberían ser plantados unos 5 años más tarde, una vez que los árboles plantados inicialmente hubieran creado las condiciones de sombra y suelo propicios para su establecimiento. Así, Knowles y Parrotta abogaron esencialmente por un enfoque de máxima diversidad en dos etapas, usando principalmente pioneros tolerantes al sol, para crear las condiciones necesarias para añadir todas las otras especies de árboles, que eran representativas para el ecosistema del bosque-objetivo.

Los territorios de restauración fueron nivelados y cubiertos con 15 cm de suelo superficial, a un año de que el bosque hubiera sido despejado para la extracción de bauxita. Fueron subsolados a 90 cm de profundidad (1 m entre los surcos) y se plantaron propágulos (siembra directa (**Tabla 5.2**), plantas silvestres o plántulas criadas en viveros) a lo largo de los surcos, a un espaciamiento de 2 x 2 m (2,500 plantas/ha). Se plantaron al menos 70 especies en un patrón que aseguró que los árboles de la misma especie, no fueran plantados adyacentemente.

El enfoque de máxima diversidad también es particularmente adecuado para la silvicultura urbana, que añade biodiversidad a los paisajes de la ciudad y provee a las viviendas de la ciudad, de una rara oportunidad de conectarse con la naturaleza. Las autoridades urbanas tienen la responsabilidad de cuidar los parques, jardines y bordes de las calles, y tienen presupuestos que son suficientemente elevados como para pagar operaciones de paisajismo intensivo. En sitios urbanos, los altos costos de las técnicas de máxima diversidad son justificados por el uso intensivo y la apreciación de los bosques urbanos por densas poblaciones, y por el alto valor de los terrenos. Cuando se plantan árboles en terrenos urbanos, es importante asegurar que no rompan cables eléctricos o tuberías de agua. Las consideraciones estéticas, como el atractivo de las especies plantadas, también deben ser tomadas en cuenta (Goosem & Tucker, 1995).

En suma, el enfoque de la diversidad máxima puede ser implementado por plantaciones únicas de, mayormente, especies de árboles de bosque clímax o a través de las plantaciones en dos etapas, empezando principalmente con árboles pioneros y, a continuación, después de que se hayan cerrado las copas de los pioneros, plantando un sotobosque con especies de árboles clímax tolerantes a la sombra. La meta es plantar la mayoría de las especies de árboles que comprende el bosque-objetivo clímax. No obstante, las dificultades de la recolecta de semillas y las capacidades limitadas de los viveros, obligan a limitar el tiempo de las pruebas de máxima diversidad a 60–90 especies de árboles. La mayoría de las especies deben estar representadas por al menos, 20–30 árboles/ha. Más prominencia se le puede dar a i) especies de semillas grandes, ii) especies 'clave' (por ejemplo, *Ficus* spp.) y iii) especies amenazadas, vulnerables o raras, para incrementar el valor de la operación de conservación de la biodiversidad. Normalmente, los métodos de plantación y mantenimiento que son usados para el enfoque de las especies 'framework' (a saber, desmalezar, aplicar mulch y fertilizante, ver **Sección 7.3**), también pueden ser usados para el enfoque de la máxima diversidad (Lamb, 2011, pp. 342–3), aunque puede que sea necesario una preparación más intensiva del territorio, como subsolado profundo en áreas severamente degradadas (Goosem & Tucker, 1995; Knowles & Parrotta, 1995).

5.5 Mejora del territorio y plantaciones de nodrizas

En territorios con degradación fase-5, donde las condiciones del suelo y microclimáticas se han deteriorado más allá del punto que puede soportar el establecimiento de árboles, la mejora del territorio se vuelve un precursor necesario para los procedimientos de la restauración del bosque. Normalmente la compactación y erosión del suelo son los problemas principales, pero la exposición a condiciones calientes, secas, soleadas y ventosas también pueden prevenir el establecimiento de árboles, incluso allí donde las condiciones del suelo no están tan severamente degradadas. La mejora del suelo puede suponer procedimientos de cultivo de suelo, que son normalmente más asociados con la agricultura y la silvicultura comercial (como los que se usan en el método Miyawaki, ver **Cuadro 5.4**), y/o establecer plantaciones de especies de

Cuadro 5.4. El método Miyawaki.

Una de las formas más tempranas y, quizás, más famosas del enfoque de máxima diversidad es el método Miyawaki, inventado por el Dr Akira Miyawaki, Profesor Emérito de la Universidad Nacional de Yokohama, Japón y director del IGES – Centro Japonés para Estudios Internacionales de Ecología (JISE). Desarrollado en los 1970s, el método está basado en 40 años de estudio, tanto de la vegetación natural como la perturbada, alrededor del mundo. Fue empleado al principio, para restaurar bosques en cientos de sitios en Japón, y posteriormente fue modificado exitosamente para aplicarse en los bosques tropicales en Brasil⁶, Malasia⁷ y Kenia⁸.

El método de Miyawaki, o ‘Bosque Nativo por Árboles Nativos’, está basado en el concepto de la ‘vegetación natural potencial’ (VNP) (sinónimo de ‘tipo de bosque-objetivo’: la idea de que la vegetación clímax de cualquier sitio perturbado, pueda ser prevista por las condiciones actuales del sitio, tales como la vegetación existente, suelo, topografía y clima. Por ello, la restauración empieza con inspecciones detalladas del suelo y mapeo de la vegetación (usando métodos fitosociológicos), que se combinan para producir un mapa de unidades VNP a través del sitio de restauración. El mapa VNP, es entonces usado para seleccionar las especies de árboles para plantar y preparar el plan del proyecto (Miyawaki, 1993).

La siguiente etapa es recolectar semillas localmente, de las especies de árboles representativos de la(s) VNP(s). Las plántulas de todas las especies de árboles dominantes dentro de la(s) VNP(s), y la mayor cantidad posible de especies asociadas (particularmente especies de sucesión media a tardía), haciéndolas crecer en contenedores dentro de viveros a la altura de 30–50 cm, listos para ser plantados en el sitio. La preparación del sitio puede involucrar el uso de máquinas que muevan la tierra para nivelar o aplanar el sitio y desarrollar una capa de 20–30-cm de buena tierra de superficie, mezclando paja, estiércol y otros tipos de abono orgánico, con las capas superficiales del suelo. En sitios erosionados, el suelo superficial se importa de sitios de construcciones urbanas. El suelo es entonces amontonado para incrementar la aireación. Hasta 90 especies de árboles son plantadas al azar, en densidades muy altas, 2–4 árboles/m². Después de plantar, se desmaleza el sitio (y las malezas arrancadas usadas como mulch) hasta tres años, hasta que se haya logrado el cierre de copas y cese el mantenimiento.

“Después de tres años, el no manejo es el mejor manejo” (Miyawaki, 1993)



Prof. Akira Miyawaki (con el gorro verde) posa con niños plantando árboles en Kenia, como parte de un proyecto que usa su hoy famosa técnica. (Foto: Prof. K. Fujiwara.)

⁶ www.mitsubishicorp.com/jp/en/csr/contribution/earth/activities03/activities03-04.html

⁷ Actualmente a través de un proyecto en colaboración, con la participación de UPM, University Malaysia Sarawak y JISE, que está patrocinada por la Corporación Mitsubishi.

⁸ www.mitsubishicorp.com/jp/en/pr/archive/2006/files/0000002237_file1.pdf

Cuadro 5.4. continuación.

Las primeras pruebas tropicales que usaron el método Miyawaki, empezaron en 1991 en el Campus de Bintulu (Sarawak) de la University Pertanian de Malasia (actualmente conocida como University Putra Malaysia (UPM))⁸. Dieciocho años más tarde, las parcelas restauradas por el método Miyawaki, demostraron una mejor estructura de bosque y los árboles plantados eran más altos, tenían un diámetro a la altura de pecho (dap) más ancho y un área de base mayor, comparados con aquellos del adyacente bosque secundario regenerado naturalmente (Heng *et al.*, 2011). La recuperación de la fauna del suelo es particularmente rápida (Miyawaki, 1993). Los experimentos en el norte de Brasil, sin embargo, fueron menos exitosos: los pioneros comerciales de crecimiento rápido fueron usados en la mezcla de especies, y estos por un lado crecieron por encima, y por otro lado retardaron el crecimiento de las especies nativas sucesionales tardías y eran más susceptibles a ser sopladas por el viento (Miyawaki & Abe, 2004). Aunque la alta densidad de plantación rápidamente resulta en un dosel cerrado, puede a veces, tener efectos indeseados. La competencia entre los árboles plantados muy juntos, puede resultar en una alta mortandad inicial y bajo dap (más de el 70% de los árboles, tenía un dap de menos de 10 cm cuando fueron medidos 18 años después de haber sido plantados (Heng *et al.*, 2011)).



Parcelas de 16 años restauradas con el método Miyawaki en el Bintulu Campus de University Pertanian Malaysia (UPM). Los árboles plantados muy juntos crecieron bien, creando un dosel de múltiples capas (izquierda) y eliminando las malezas totalmente (derecha). (Fotos: Mohd Zaki Hamzah.)

La naturaleza intensiva del método de Miyawaki (particularmente la necesidad de inspecciones realizadas por expertos, la preparación mecánica del sitio y las densidades de plantación muy altas) significa que está entre las técnicas de restauración de bosques más caras. Como tal, depende enormemente del financiamiento de corporaciones ricas (por ejemplo, Mitsubishi⁹, Yokohama¹⁰, Toyota¹¹) y su uso es, en gran parte, confinado a 're-verdecer' sitios pequeños, de alto valor, industriales o urbanos para propósitos recreacionales y de mejoramiento climático. Los beneficios para los patrocinadores corporativos incluyen relaciones públicas mejoradas, particularmente la promoción de una 'imagen verde'. En Japón también se aboga por el potencial del método, para la mitigación de desastres en áreas urbanas.

⁹ www.mitsubishicorp.com/jp/en/csr/contribution/earth/activities03/

¹⁰ yrc-pressroom.jp/english/html/200891612mg001.html

¹¹ www.toyota.co.th/sustainable_plant_end/ecoforest.html

árboles altamente resistentes para mejorar el suelo y modificar el micro-clima — el enfoque de la plantación denominada ‘plantación nodriza’ (también conocido como ‘plantaciones como catalizadores’ (Parrotta *et al.*, 1997a) o ‘ecosistemas fomentadores’ (Parrotta, 1993).

Los sitios de minas a cielo abierto son probablemente los ejemplos más extremos de degradación de las tierras. El reemplazo del suelo superficial y el subsolado profundo de los sitios de minas, ya han sido mencionados en la **Sección 5.4**, en conexión con el método de la máxima diversidad. El subsolado profundo involucra la creación de surcos estrechos profundos (hasta 90 cm de profundidad, aproximadamente 1 m apartados) a través del suelo con púas fuertes y delgadas, sin invertir el suelo. El subsolado profundo sólo abre el suelo que se ha vuelto compactado (por ejemplo, debido a la maquinaria o al pisoteo del ganado), permitiendo que el agua y el oxígeno penetren en el subsuelo, hacia donde crecerán posteriormente las raíces de los árboles. Es realizado por maquinaria pesada, y es solo posible en territorios relativamente planos y accesibles, además es muy caro¹². Hacer montículos es otro tratamiento que puede mejorar las condiciones del suelo, pues airea el suelo y reduce el riesgo de que el agua se aniegue.

La adición de materias orgánicas como paja y otros desechos orgánicos (hasta se probaron las cáscaras de naranjas de una fábrica de jugo de naranja durante el proyecto de ACG (ver **Cuadro 5.2**) (Janzen, 2000)) mejora la estructura del suelo, el drenaje, la aireación y el estado de los nutrientes, y promueve una rápida recuperación de la fauna del suelo.

La aplicación de mulch verde (o ‘estiércol verde’) es un enfoque biológico para el mejoramiento del suelo. Involucra sembrar las semillas de leguminosas herbáceas a través del sitio de restauración, cosechando sus semillas y enseguida cortando las plantas. Las plantas muertas se dejan para que se descompongan en la superficie del suelo, o son revueltas con las capas superficiales del suelo con azadas o arados. Las semillas de especies leguminosas comerciales, pueden comprarse en tiendas de suministro agrícola, pero un enfoque más ecológico y más barato (aunque requiera más tiempo) es seleccionar una mezcla de especies de leguminosas herbáceas que crecen naturalmente en el área y cosechar sus semillas, para sembrar en el sitio de restauración. Si se recolectan entonces las semillas de las plantas, antes de cortarlas, la reserva de semillas gradualmente se acumula con cada ciclo de aplicación de mulch verde, y finalmente las semillas podrán usarse para otros sitios. Podría ser necesario repetir el procedimiento durante varios años, antes de que el suelo esté listo para soportar plantones de árboles. El mulch verde puede suprimir el crecimiento de malezas sin usar herbicidas, protegiendo la superficie del suelo de la erosión, mejorando la estructura, el drenaje, la aireación y el estado de nutrientes del suelo, y facilitando la recuperación de la micro- y macro-fauna del suelo.

La aplicación de fertilizantes químicos también mejora el estado de los nutrientes del suelo, pero no provee los beneficios que ofrecen las materias orgánicas a la estructura y fauna del suelo. Varias técnicas pueden ser empleadas para determinar qué nutrientes del suelo escasean, incluyendo observaciones de síntomas visuales de deficiencia nutricional, análisis químicos del suelo y/o de las hojas, y pruebas de parcela de omisión de nutrientes (Lamb, 2011, pp. 214–9). Sin embargo, la mayoría de estas técnicas requieren de expertos especializados. Si se consideran éstas como poco prácticas o demasiado costosas, se puede aplicar un fertilizante para propósitos generales (NPK 15:15:15 a 50–100 g por árbol) que debe resolver la mayoría de problemas de deficiencia de nutrientes.

Se presentan oportunidades adicionales para aplicar tratamientos de suelo, a la hora de cavar los huecos para la plantación de árboles. Es una práctica común en sitios altamente degradados, añadir compost a los huecos antes de plantar los árboles (aproximadamente 50:50 mezclado con la tierra excavada). Se puede también añadir a los huecos gel de polímero que absorbe agua: o bien 5 g de gránulos secos mezclados con la tierra excavada o, en suelos secos, dos cucharaditas de gel hidratado. Hay disponibles varios tipos de gel y la terminología para nombrarlos lleva a

¹² www.nynrm.sa.gov.au/Portals/7/pdf/LandAndSoil/10.pdf

5.5 MEJORAMIENTO DEL SITIO Y PLANTACIONES DE NODRIZAS

confusiones, y es frecuentemente inconsistente, de manera que infórmate sobre las opciones con el proveedor agrícola y lee las instrucciones en el envoltorio del producto. Colocar mulch alrededor de los árboles plantados también ayuda a conservar la humedad, añade nutrientes y crea las condiciones que favorecen a la fauna del suelo.

Los suelos que están severamente degradados, probablemente carecen de muchas de las variedades de micro-organismos que se requieren, para el alto rendimiento de todas las especies de árboles que se están plantando (particularmente las bacterias *Rhizobium* o *Frankia* que forman relaciones simbióticas con las leguminosas, y después los hongos micorrizas que mejoran la absorción de nutrientes de la mayoría de especies tropicales). Mezclar un puñado de suelo del ecosistema del bosque-objetivo con abono y añadirlo a los huecos de plantación, es probablemente la manera más simple y barata para iniciar la recuperación de la micro-flora del suelo.

Otra posibilidad es inocular árboles en los viveros. Normalmente basta incluir suelo del bosque en los tientos de plantación, para asegurar que los árboles se infecten con los micro-organismos benéficos. La investigación sugiere, sin embargo, que aplicar inoculaciones obtenidas a través del cultivo de micro-organismos recogidos de árboles adultos, tiene el potencial adicional de acelerar el crecimiento. Por ejemplo, Maia y Scotti (2010) demostraron que inoculando *Rhizobia* en el árbol leguminoso *Inga vera*, que es ampliamente usado para restauraciones de riberas en Brasil, redujo hasta en 8% el requerimiento de fertilizante y mejoró el crecimiento. Inoculaciones de *Rhizobia* son producidas comercialmente para cultivos de leguminosas agrícolas, pero no pueden ser necesariamente usados para árboles de bosque, porque las diferentes especies leguminosas necesitan diferentes cepas de *Rhizobium* para una fijación óptima del nitrógeno (Pagano, 2008). Es poco probable que las variedades específicas de *Rhizobium* requeridas para las especies de árboles plantadas, estén comercialmente disponibles. Hacer la inoculación, implica recolectar bacteria de la misma especie de árbol y cultivarla en laboratorios. Lo mismo es aplicable para los hongos micorrizas. La aplicación de una mezcla producida comercialmente de diferentes especies de hongos micorrizas, a las plántulas forestales criadas en un vivero en el norte de Tailandia, fracasaron en producir cualquier beneficio (Philachanh, 2003).

La plantación de árboles nodriza (Lamb, 2011, pp. 340–1) puede mejorar las condiciones del sitio, allanando el camino para las prácticas de restauración posteriores, para recuperar la biodiversidad. Al re-establecer rápidamente un dosel cerrado y la caída de hojarasca, las plantaciones pueden crear condiciones más frescas, sombreadas y húmedas, tanto encima como debajo del suelo. Esto debe conducir a la acumulación de humus y nutrientes del suelo y, últimamente, a condiciones mucho mejores para la posterior germinación de semillas y el establecimiento de las plántulas de especies de árboles menos tolerantes (Parrotta *et al.*, 1997a)¹³. Plantaciones como éstas, también son capaces de producir madera y otros productos del bosque, en una etapa temprana del proceso de restauración.

Las plantaciones de árboles nodriza están generalmente compuestos de una sola (o unas pocas) especie(s) pionera(s) de crecimiento rápido, que son tolerantes a las duras condiciones del suelo y micro-climáticas, que prevalecen en el sitio con degradaciones fase-5, pero que también son capaces de mejorar el suelo. Se prefieren las especies de árboles nativas, por su habilidad de promover la recuperación de la biodiversidad más rápidamente que las exóticas (Parrotta *et al.*, 1997a). Un estudio de la flora de árboles local, revelará normalmente especies de árboles pioneras nativas, que crecen igual de bien que cualquier exótica importada.

¹³ Un número especial de *Forest Ecology and Management* (Vol. 99, Nos. 1–2) publicado en 1997, estuvo dedicado al potencial que tienen las plantaciones de árboles de 'catalizar' la restauración de bosques tropicales. Usar 'plantaciones de árboles' en el sentido más amplio (desde monocultivos hasta la máxima diversidad), los 22 folios que contiene se han convertido desde entonces en una lectura esencial, para aquellos involucrados en la restauración de bosques.

CAPÍTULO 5 HERRAMIENTAS PARA RESTAURAR BOSQUES TROPICALES

No obstante, se pueden usar las exóticas como árboles nodriza, siempre que cumplan con las condiciones siguientes:

- 1) son incapaces de producir plántulas viables y así convertirse en malezas leñosas y ...
- 2) o bien, son de vida corta, pioneros intolerantes a la sombra que serán sombreados por los árboles clímax introducidos posteriormente o ...
- 3) se les mata a propósito (por ejemplo, son cosechados o anillados en su corteza y se les deja en el sitio para que se pudran) después de que hayan mejorado el sitio y los árboles jóvenes del reemplazo estén bien establecidos.

Por ejemplo, el uso de la exótica *Gmelina arborea* en el proyecto ACG (ver **Estudio de Caso 3**, pág. 149), estuvo justificado porque sus plántulas intolerantes a la sombra no pudieron establecerse debajo de su propia copa y sus grandes semillas, dispersadas por animales, no se propagaron fuera de la plantación. En contraste, el uso del árbol de plantación exótico *Acacia mangium* en Indonesia, se está convirtiendo en un problema mayor para el futuro de la restauración de bosques, porque sus plántulas dominan rápidamente las áreas alrededor de las plantaciones. Removerlos de los futuros sitios de restauración de bosques será muy costoso. Lo mismo vale para *Leucaena leucocephala* en América del Sur y en el norte tropical de Australia. Las plántulas de las especies exóticas podrían ser más fáciles de conseguir en viveros comerciales, pero si no estás seguro de que las especies que están siendo consideradas cumplen con los criterios enumerados arriba, es mejor buscar en la flora local alternativas nativas.

Las especies de plantación deben ser pioneras demandantes de luz (como lo son muchos árboles maderables comerciales), extremadamente resistentes y de corta vida. En general, se han logrado mejores resultados con especies de hojas anchas que con coníferas. Materiales de plantación deben ser de la más alta calidad (Parrotta *et al.*, 1997a).

Las leguminosas (es decir, los miembros de la Familia Leguminosae) y las especies de higueras nativas (*Ficus* spp.) casi siempre son buenas especies de plantación, así como especies 'framework' útiles (ver **Sección 5.3**). Las raíces de las higueras son capaces de penetrar y romper los suelos compactados e incluso piedras en los sitios más degradados, mientras la capacidad de fijar nitrógeno de muchas especies de árboles leguminosos puede rápidamente mejorar el estado del suelo. Plantar mezclas de higueras y leguminosas como plantaciones nodrizas podría, por ello, mejorar tanto la estructura física como la fertilidad de los suelos, sin necesidad de los tratamientos intensivos y caros descritos arriba, o la aplicación de fertilizante de nitrógeno.

Cuando se establece una plantación de árboles convencional, es tentador seguir las prácticas convencionales de la silvicultura. Pero el diseño y manejo de plantaciones nodrizas para la restauración de bosque, requiere un acercamiento más considerado. El cierre de copas es el primer objetivo de la plantación, de modo que los árboles deben ser plantados más juntos de lo normal en la silvicultura comercial (Parrotta *et al.*, 1997a). Si es posible, busca árboles de la misma especie plantados cerca, y trata de determinar aproximadamente qué extensión tienen sus copas después de 2–3 años de crecimiento. Esto proveerá la distancia necesaria para cerrar el dosel en 2–3 años. Lamb (2011) recomienda una densidad de plantación de 1,100 árboles por hectárea. La copa debe ser lo suficientemente densa como para sombrear las malezas, pero no tanto como para inhibir el crecimiento de los árboles plantados posteriormente, o para prevenir la colonización del sitio por especies entrantes dispersadas naturalmente.

La silvicultura convencional demanda desmalezar intensivamente o 'limpiar' las plantaciones. Mientras que las malezas herbáceas no amenacen la supervivencia temprana del joven árbol nodriza (en sitios fase-5, la degradación normalmente limita incluso el crecimiento de las malezas), no será necesario desmalezar. Incluso donde fuera requerido, se debe dejar de desmalezar apenas las copas de los árboles jóvenes plantados hayan crecido por encima de la

5.5 MEJORAMIENTO DEL SITIO Y PLANTACIONES DE NODRIZAS



maleza. En sitios donde la dispersión de semillas entrante es todavía posible, desmalezar con demasiado vigor puede ser un duro revés para las plántulas de árboles que logran establecerse.

Al mejorarse las condiciones del sitio, los árboles nodriza pueden ser raleados y reemplazados, plantando una gama más amplia de especies de árboles de bosque nativo. Esto debe hacerse gradualmente para prevenir la invasión del suelo, ahora fértil, por las malezas herbáceas intolerantes a la sombra. Si los árboles nodriza son de una especie comercial, los árboles caídos pueden proporcionar un ingreso a los participantes del proyecto a lo largo de varios años. Cuando se realiza el raleo, se deben tomar precauciones para no perturbar el sotobosque y dañar la biodiversidad acumulada. No es fácil arrastrar los troncos fuera de una plantación sin dañar el sotobosque, pero ahora se están promoviendo varias técnicas de tala de 'impacto mínimo' o 'Aprovechamiento de Impacto Reducido' (AIR) (por ejemplo, usando animales en vez de maquinaria) (Putz *et al.*, 2008).

Allí donde la dispersión de semillas hacia un sitio de restauración sea todavía posible, se deben plantar especies de árboles 'framework', a medida que se van despejando los árboles nodriza: especies 'framework' pioneras para reemplazar a los árboles nodriza y especies 'framework' clímax para formar el sotobosque. Pero en la mayoría de los sitios de restauración con degradación fase-5, las fuentes de semillas y/o animales dispersores de semillas habrán sido eliminados del área circundante, de modo que la recuperación de la biodiversidad requiere el enfoque de la máxima diversidad.

El uso de plantaciones nodriza no se restringe necesariamente a degradaciones fase-5 con condiciones de suelo limitantes. Se les ha usado frecuentemente en sitios menos severamente

Si las higueras pueden germinar y posteriormente romper los ladrillos de construcción de Angkor Wat, Cambodia, no tendrán dificultad en penetrar suelos aún más degradados.

CAPÍTULO 5 HERRAMIENTAS PARA RESTAURAR BOSQUES TROPICALES

degradados, donde la dispersión de semillas natural todavía tiene lugar, como una alternativa más simple y barata para el método de las especies 'framework'. El uso de plantaciones de especies de árboles exóticos, como *Gmelina arborea*, adyacente a un bosque superviviente en Costa Rica, está descrito en el **Estudio de caso 3**. Una especie nativa, *Homalanthus novoguineensis*, fue usada con un éxito similar en Australia para atraer aves dispersoras de semillas desde bosques cercanos al sitio de restauración (Tucker, com. pers.). Las plantaciones de la exótica *Eucalyptus camaldulensis*, sin embargo, no facilitaron la regeneración de los bosques nativos de Miombo en las Montañas de Ulumba en Malawi (Bone *et al.*, 1997).

En Costa Rica, un cultivo nodriza de la exótica *Gmelina arborea* estimuló el establecimiento de árboles nativos y generó ingresos de la tala después de 8 años.



5.6 Costos y beneficios

A los practicantes de restauración se les pregunta frecuentemente: "¿Por qué no plantan solamente especies comerciales?". La respuesta a esta pregunta es: "No hay tal cosa como especies de árboles *no* comerciales". Todos los árboles secuestran carbono y producen oxígeno, todos contribuyen a la estabilidad de la cuenca hidrológica y todos están hechos de combustible. La pregunta no es si la restauración de bosque es económica, sino si los beneficios económicos pueden ser convertidos en flujo de efectivo.

¿Cuánto cuesta?

Se han publicado muy pocos informes sobre los costos de la restauración de bosques (**Tabla 5.3**). Esto refleja la dificultad de llevar a cabo comparaciones significativas de costos y tal vez también, una pobre recopilación de registros entre los practicantes de restauración de bosques y/o de su poca voluntad de revelar información financiera. La comparación de los costos entre los métodos y las localidades, se confunde con las fluctuaciones en las tasas de intercambio, la inflación y las enormes variaciones en los costos de mano de obra y materiales. Los costos son altamente específicos de la localidad y el tiempo. Pero no son necesarias calculaciones precisas para mostrar lo obvio: los costos de restauración se incrementan desde la degradación fase-1 hasta la fase-5, a la par con el incremento de la intensidad de los métodos requeridos.

Tabla 5.3. Ejemplos de costos publicados para varios métodos de restauración

Fase de degradación	Método	País	Costo publicado (US\$/ha)	Fecha	Referencia	Costos actuales US\$/ha* ¹⁴
Fase 1	Protección	Tailandia	–	–	Estimado	300–350
Fase 2	RNA (Cuadro 5.2)	Filipinas	579	2006–09	Fundación Bagong Pagasa, 2009	638–739
	RNA (Castillo, 1986)	Filipinas	500–1,000	1983–85	Castillo, 1986	1,777–3,920
Fase 3	Método de especies 'Framework' (Sección 5.3)	Tailandia	1,623	2006	FORRU, 2006	2,071
Fase 4	Máxima diversidad con mejoramiento de sitio de mina (Sección 5.4)	Brasil	2,500	1985	Parrotta <i>et al.</i> , 1997b	8,890
	Método Miyawaki (Box 5.4)	Tailandia	9,000	2009	Toyota, com. pers.	9,922
Fase 5	Mejoramiento del sitio y plantación nodriza	–	–	–	No se encontró	?

*los costos totales para el período completo necesitaron alcanzar un sistema auto-sostenible.

Valor potencial de los beneficios

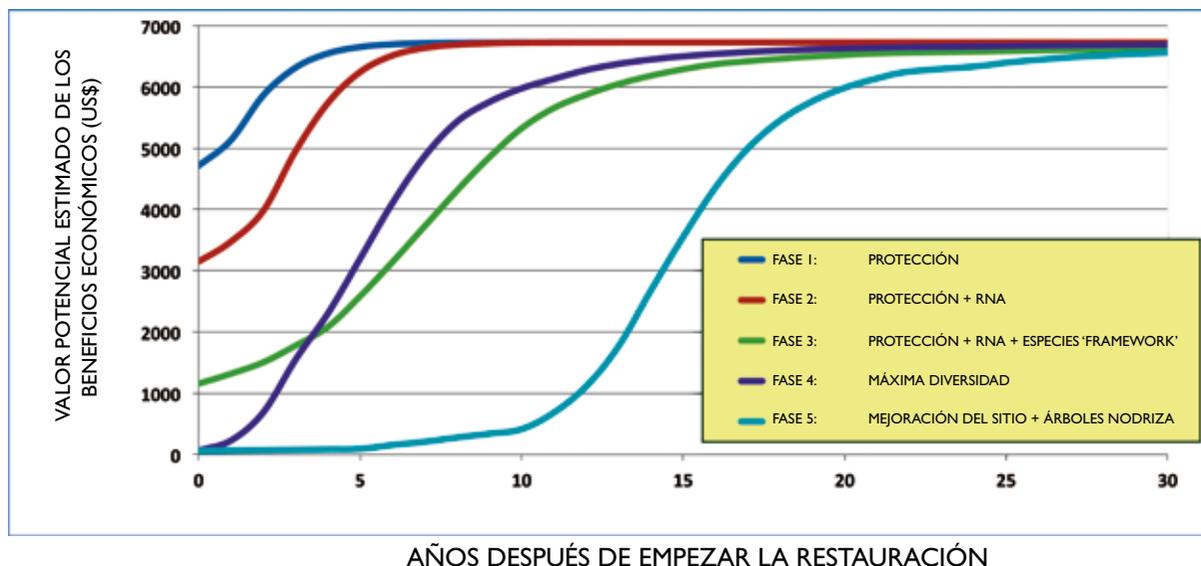
El potencial valor económico de los beneficios del logro de un ecosistema de bosque clímax, en términos de servicios ecológicos y diversidad de productos forestales, es el mismo, sin importar el punto de partida. El estudio de la Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB, 2009)¹⁵ estima el valor promedio anual de bosques completamente restaurados, en US\$ 6,120/ha/año en 2009 (**Tabla 1.2**), equivalente a US\$6,747 hoy, teniendo en cuenta la inflación. Incluso los métodos más caros de reforestación no superan los US\$10,000/ha en total, así que el valor de los potenciales beneficios de la restauración de un bosque, supera con creces el costo de su establecimiento muy pocos años después de haber logrado las condiciones del bosque clímax.

La rapidez con la que estos beneficios serán proporcionados depende, sin embargo, de la fase inicial de degradación y los métodos de restauración que se usen. Cuanto más alta sea la fase de degradación, el tiempo requerido para realizar la gama completa de los beneficios potenciales aumenta, desde unos pocos años a unas cuantas décadas. Por ello, la compensación de la inversión tarda. El potencial entero de los beneficios, en términos de efectivo, solo podrá ser realizado si es promocionado y la población está preparada para pagar por ello. Los esquemas para promocionar los productos forestales y el ecoturismo o vender créditos de carbono y 'pagos por servicios ambientales' (PSA), requieren mucho desarrollo e inversión de antemano, antes de que se pueda realizar el potencial entero de efectivo de los bosques restaurados (ver **Capítulo 1**).

¹⁴ Se calcula mediante la aplicación de una tasa de inflación del 5% anual constante.

¹⁵ www.teebweb.org/

CAPÍTULO 5 HERRAMIENTAS PARA RESTAURAR BOSQUES TROPICALES



Las curvas hipotéticas que representan el incremento en los beneficios económicos potenciales a lo largo del tiempo, de los cinco principales enfoques de la restauración de bosques. La restauración de la degradación fase-1 proporciona considerables beneficios ya desde el inicio, mientras que los proyectos para restaurar sitios con degradaciones fase 4 y 5 empiezan proporcionando cero beneficios. En estos sitios, el incremento inicial en beneficios económicos potenciales es lento, hasta que el cierre de copas promueva la afluencia de especies reclutadas, que incrementen la tasa de la acumulación de beneficios (por ejemplo, más biodiversidad lleva a más productos forestales, o la hojarasca mejora la capacidad del suelo de retener el agua). Al acercarse al máximo la acumulación de beneficios, la tasa de incrementación se ralentiza, porque los últimos pocos beneficios tardan mucho tiempo en lograrse (debido a su dependencia de procesos medioambientales lentos o el retorno de especies raras). Se advierte que el método de la máxima diversidad, logra más rápidamente beneficios económicos porque se plantan más especies de árboles desde el comienzo. Con una degradación fase-5, el mejoramiento del sitio y el cultivo de árboles nodrizas, proporcionan pocos beneficios hasta que se establezca una comunidad de árboles más diversa.

Degradación	Costos de restauración	Incrementos graduales de los beneficios	Entrega de los beneficios completos
Fase 1	BAJO	PEQUEÑO	RÁPIDO
Fase 2	↓	↓	↓
Fase 3	↓	↓	↓
Fase 4	↓	↓	↓
Fase 5	ALTO	GRANDE	RETRASADO

Resumen de los costos y beneficios económicos de la restauración de bosques, con diferentes fases de degradación.

ESTUDIO DE CASO 3 Área de Conservación Guanacaste (ACG)

País: Costa Rica

Tipo de bosque: Un mosaico de bosques tropicales secos, fragmentos de bosque húmedo y bosque de neblina, rodeados de pastizales.

Propiedad: El Fondo de Conservación de Bosque Seco Guanacaste (GDFCF) ha financiado la compra de 13,500 hectáreas de bosque de propietarios privados.

Manejo y uso comunitario: Pastoreo de ganado y potencial de cosecha de ‘plantaciones nodrizas’ de *Gmelina arborea*.

Nivel de degradación: Despejado de todo, salvo fragmentos de bosque para ganado y cultivos agrícolas.

Uno de los primeros grandes proyectos de restauración de bosque, con base científica en América Central, se sigue manejando en el Área de Conservación Guanacaste (ACG), en el noreste de Costa Rica (www.gdfcf.org/). En gran medida ideado por el biólogo norteamericano Daniel Janzen y su esposa Winnie Hallwachs, el proyecto se ha convertido en un clásico ejemplo de cómo la restauración de bosque en el nivel del paisaje, puede lograrse en gran medida a través de las medidas de protección descritas en la **Sección 5.1** y luego dejando que la naturaleza siga su curso.

El sitio del proyecto, la Hacienda Santa Rosa (la segunda hacienda española que se fundó en Costa Rica) había sido despejado hasta dejar sólo fragmentos de su bosque tropical seco, empezando a finales de los años 1500s, y fue usado principalmente para la ganadería de mulas y reses, carne de caza salvaje, agua para riego, y cultivos. La Carretera Interamericana fue trazada a través de su centro en los años 1940s y se introdujo desde el este de África, el pasto para pastoreo jaragua (*Hyparrhenia rufa*). Este pasto proporcionaba gran parte del combustible para incendios anuales de estación seca provocados por humanos, que eficazmente bloqueaban la sucesión de bosques, porque los ganaderos querían pastizales ‘limpios’. El resultado fue un mosaico de fragmentos de bosque seco, bosque húmedo y bosque de neblina rodeados de pastizales.

En 1971, fueron designados como Parque Nacional 10,000 ha de la Hacienda Santa Rosa. En los años 1990s, la expansión de 165,000 ha del ACG fue integrado en el nuevo Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), una de las 11 unidades de conservación que cubren alrededor del 25% de Costa Rica. Se removieron las reses y los caballos, pero esto permitió que el pasto jaragua creciera 2 m de altura, alimentando incendios voraces que anualmente consumían los árboles y bosques remanentes. Si no se podían detener los incendios, pronto no quedarían más restos de bosque, para suministro de las semillas necesarias para la restauración.

En setiembre de 1985, Janzen y Hallwachs escribieron un plan no solicitado para la supervivencia a largo plazo del bosque seco, que se convirtió en el Proyecto Parque Nacional Guanacaste (PPNG). La misión del proyecto incluía: i) permitir que las semillas de bosques remanentes restaurasen 700 km² de bosque seco original, para “mantener en perpetuidad de todas las especies de plantas y animales, y sus hábitats, que habían originalmente ocupado el sitio”; ii) “ofrecer un menú de bienes materiales” a la sociedad; y iii) proveer un estudio para la investigación ecológica y un “renacimiento de las ofertas intelectuales y culturales del mundo natural”.

“La receta tecnológica para la restauración de este sistema de bosque principalmente seco, fue obvia: comprar grandes extensiones de terreno de ganadería y agrícola marginal, adyacente a Santa Rosa, y conectarlos con los bosques más húmedos hacia el este, detener los incendios, la agricultura y la caza y tala ocasional, y dejar que la naturaleza recupere su terreno original” (Janzen, 2002).

CAPÍTULO 5 HERRAMIENTAS PARA RESTAURAR BOSQUES TROPICALES

Se contrataron residentes de la Provincia de Guanacaste para prevenir incendios, pero con el pasto creciendo tan alto, era difícil controlarlo con herramientas de mano. Una parte importante de la solución, fue traer de vuelta al ganado. Durante los primeros cinco años del proyecto, los pastizales del ACG que habían de ser restaurados en bosques, fueron arrendados como pastizales con 7,000 cabezas de ganado en todo momento. El ganado actuaba como 'cortador de césped biótico', manteniendo el volumen de combustible tan bajo, que el programa de control de incendios pudo manejar los incendios menos severos. Al establecerse naturalmente los primeros árboles y empezar a sombrear el pasto, se removió el ganado.

También se probó la plantación de árboles en unos pocos sitios selectos durante un par de años, pero esto se abandonó porque la regeneración natural del bosque a partir de semillas que fueron dispersadas por el viento y vertebrados, hacia los sitios de restauración desde las parcelas intercaladas de bosque secundario, de lejos superó el esfuerzo y los gastos de plantar árboles.

En la parte de bosque húmedo del ACG, sin embargo, la regeneración natural de pastizales abandonados fue mucho más lenta. Comparado con el bosque seco, menos especies fueron dispersadas por el viento, menos animales dispersores de semillas se aventuraron fuera del bosque a los pastizales de bosque húmedo, y la supervivencia de plántulas de árboles era impedida por las condiciones calientes, secas y soleadas de los pastizales. En áreas como éstas, se aplicó un enfoque de 'plantación nodriza' (ver **Sección 5.5**), usando plantaciones abandonadas de la especie exótica de árbol maderero, *Gmelina arborea*. Las densas copas de las plantaciones de *G. arborea* sombrearon los pastos en 3–5 años y el sotobosque se llenó con una comunidad diversa de árboles de bosque húmedo, arbustos y trepadoras, que fueron traídos como semillas por pequeños vertebrados del bosque húmedo vecino. Después de una rotación de 8–12 años, la madera de *G. arborea* pudo ser cosechada y los tocones matados con herbicida, generando ingresos para apoyar el proyecto, pero debido a la falta de compradores, el ACG eligió dejar morir a los árboles viejos a los 15–20 años. Pruebas como éstas demuestran que, mientras haya cerca fuentes de semillas de bosque y animales dispersores de semillas, los pastizales de bosque húmedo pueden fácilmente ser transformados en jóvenes bosques húmedos, plantándolos con *G. arborea* y luego abandonando el bosque a su suerte (en vez de podarlo y limpiarlo como es común en las plantaciones).

En los años 1980s, cuando Janzen y Hallwachs iniciaron el proyecto, la restauración de bosque era una idea nueva, un desvío de la noción clásica de que los parques nacionales se creaban solamente para proteger a bosques existentes. El proyecto fue desaprobado por varias ONGs que sobrevivían, en gran parte, apoyándose en el eslogan de recaudación de fondos de que "una vez que se ha talado el bosque tropical, desaparecerá para siempre." Hoy, las actitudes han cambiado. El ACG y las publicaciones de Janzen son vistos como los hitos de la ciencia de restauración de bosques tropicales. Habiendo establecido firmemente muchas prácticas necesitadas para restaurar el bosque tropical en Costa Rica, la necesidad ahora es determinar qué hacer para lograr y mantener condiciones políticas y sociológicas estables, que permitirán que estas técnicas se puedan implementar en otros lugares en una base sostenible y a largo plazo, y cómo mantener el financiamiento anual normal, para pagar al personal y las operaciones necesarias para cualquier tierra salvaje conservada de gran extensión:

"La práctica clave del manejo fue detener daño — fuego, caza, explotación maderera, agricultura — y dejar que la biota re-invada al ACG. La práctica clave sociológica fue ganar la aceptación social local, nacional e internacional para el proyecto ... La pregunta no es si un bosque tropical puede ser restaurado, sino más bien si la sociedad permitiría que esto ocurriera" (Janzen, 2002)

Resumido a partir de Janzen (2000, 2002) www.gdfcf.org/articles/Janzen_2000_longmarchforACG.pdf

ESTUDIO DE CASO 3 – ÁREA DE CONSERVACIÓN GUANACASTE (ACG)



A) Los límites del bosque de jaragua fueron características de decenas de miles de hectáreas en el ACG al comienzo del proceso de restauración (foto diciembre 1980). Con al menos 200 años de antigüedad, el pastizal estuvo antes ocupado por pastos nativos y había sido quemado cada 1–3 años. El antiguo bosque secundario de robles retuvo a más de 100 especies de árboles. (B) La misma vista (foto noviembre 2000) después de 17 años de prevención de incendios. La copa de robles sigue siendo visible y la mano de Winnie Hallwach está 2 m por encima del suelo. La regeneración está dominada por *Rehdera trinervis* (Verbenaceae), un árbol de tamaño mediano dispersado por el viento, mezclado con otras 70 especies leñosas. Estas invasiones de pastizales por bosque, como resultado de la prevención de incendios, son ahora características de decenas de miles de hectáreas en el ACG. (Fotos: Daniel Janzen.)