

CAPÍTULO 3

RECONOCIENDO EL PROBLEMA

La degradación del bosque invierte e impide la sucesión natural de los bosques, mientras que su restauración facilita la sucesión y la impulsa hacia el logro de las condiciones de un bosque clímax. El enfoque del manejo general, que se requiere para restaurar el ecosistema de un bosque clímax, depende de cuánto ha sido ‘empujada’ hacia atrás la vegetación, en la secuencia sucesional por la degradación y los factores que limitan la sucesión. La complejidad, intensidad y el costo de la restauración aumentan, a medida que los niveles de degradación van aumentando.

Los diagramas y anotaciones en este capítulo te ayudarán a reconocer el nivel general de la degradación de tu área de restauración y a decidir qué estrategia general adoptar (por ejemplo, protección, regeneración natural acelerada, silvicultura ‘framework’ (de marco), técnicas de máxima diversidad, ecosistemas fomentadores etc.). Una vez que has elegido una estrategia de restauración, el siguiente paso es llevar a cabo una evaluación del sitio, que te permitirá determinar las operaciones de manejo detalladas, necesarias para implementar esta estrategia (ver Sección 3.2). Estarás entonces listo para planificar tu proyecto de restauración (ver Capítulo 4). La implementación de cada estrategia de restauración se explica en detalle en el Capítulo 5, mientras que el crecimiento y la plantación de árboles (que puede ser necesaria para la restauración de los sitios en los que la degradación ha llegado a los estados 3–5) se describen en los Capítulos 6 y 7.

3.1 Reconociendo los niveles de degradación

Hay dos amplios niveles de degradación, cada uno requiere una estrategia diferente de restauración. Se les puede distinguir por seis 'umbrales' críticos de degradación; tres pertenecen al sitio que ha de ser restaurado y tres al paisaje circundante.

Umbrales críticos del sitio:

- 1) La densidad de los árboles se ha reducido tanto, que las malezas herbáceas están dominando el sitio y suprimen el establecimiento de las plántulas de árboles (ver **Sección 2.2**).
- 2) Fuentes in situ de regeneración del bosque (por ejemplo, el banco de semillas o plántulas, tocones vivos, árboles semilleros etc.) han disminuido por debajo de los niveles necesarios, para mantener viables las poblaciones de especies de árboles de bosques clímax (ver **Sección 2.2**).
- 3) La degradación del suelo ha continuado hasta tal punto, que sus pobres condiciones limitan el establecimiento de las plántulas de árboles.

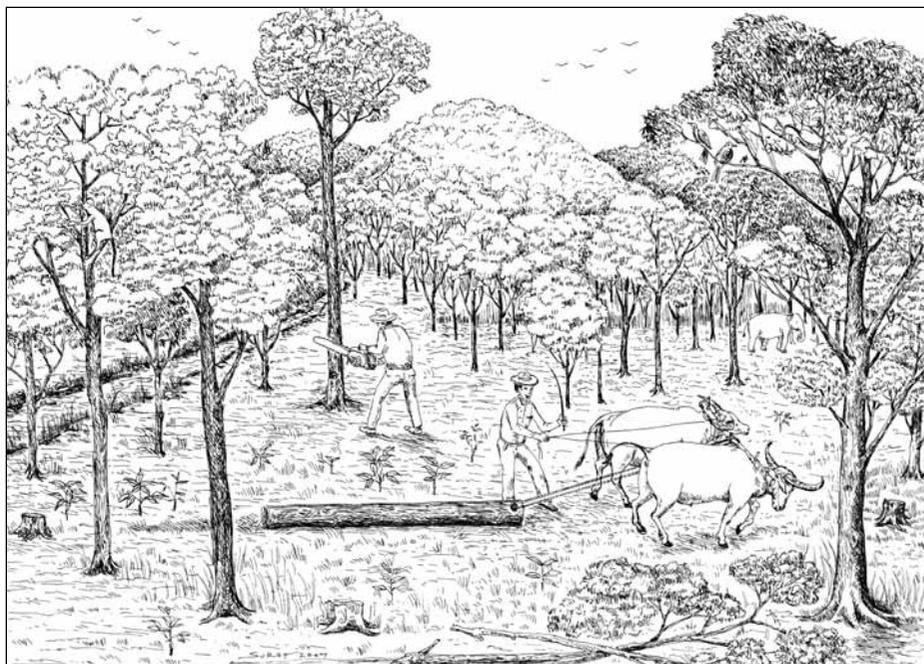
Umbrales críticos del paisaje:

- 4) Solo hay pequeños y escasos restos de bosque clímax en el paisaje, de modo que la diversidad de especies de árboles, dentro de la distancia de dispersión del sitio donde se quiere restaurar, no es suficiente para representar un bosque clímax.
- 5) Las poblaciones de animales dispersores de semillas están reducidas hasta tal punto, que las semillas ya no son transportadas al sitio de restauración en densidades suficientemente altas, para restablecer todas las especies de árboles requeridas (ver **Sección 2.2**).
- 6) El riesgo de incendios ha aumentado hasta tal punto, que los árboles establecidos naturalmente, no tienen mucha probabilidad de sobrevivir por la creciente cobertura de malezas herbáceas inflamables en el paisaje, en los alrededores inmediatos del sitio de restauración.

El dominio de un sitio por malezas herbáceas marca un punto crítico, donde la protección por sí sola no es suficiente para restaurar el bosque. Las plántulas de árboles que crecen entre la maleza deben ser 'asistidas', eliminando la maleza o plantando especies de árboles 'framework'.



3.1 RECONOCIENDO LOS NIVELES DE DEGRADACIÓN



Degradación
fase 1

UMBRALES CRÍTICOS DEL SITIO		UMBRALES CRÍTICOS DEL PAISAJE	
Vegetación	Los árboles dominan sobre malezas herbáceas	Bosque	Grandes restos permanecen como fuente de semillas
Fuentes de regeneración	Abundante: banco de semillas viable; banco de plántulas denso; lluvia de semillas intensa; tocones de árboles vivos	Dispersores de semillas	Común; especies grandes y pequeñas
Suelo	Pocas perturbaciones locales; permanece en gran parte fértil	Riesgo de fuego	Bajo a mediano

ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN RECOMENDADA:

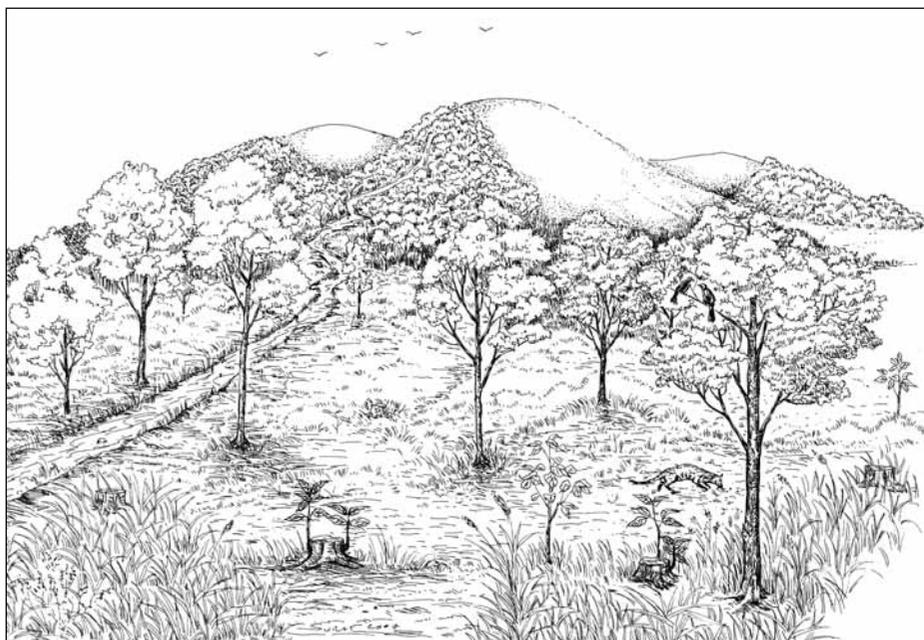
- Protección contra invasión, ganado, incendios y cualquier perturbación futura, así como la prevención de caza de los animales dispersores de semillas
- Reintroducción de especies localmente extinguidas

OPCIONES PARA INCREMENTAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS:

- Reservas extractivas para el uso sostenible de los productos forestales
- Ecoturismo

CAPÍTULO 3 RECONOCIENDO EL PROBLEMA

Degradación fase 2



UMBRALES CRÍTICOS DEL SITIO		UMBRALES CRÍTICOS DEL PAISAJE	
Vegetación	Árboles mixtos y malezas herbáceas	Bosque	Los remanentes quedan como fuentes de semilla
Fuentes de regeneración	Bancos de semillas y plántulas agotados tocones de árboles vivos son comunes	Dispersores de semillas	Las especies grandes se vuelven raras, pero las especies pequeñas siguen siendo comunes
Suelo	Permanece en gran parte fértil: baja erosión	Riesgo de incendio	Mediano a alto

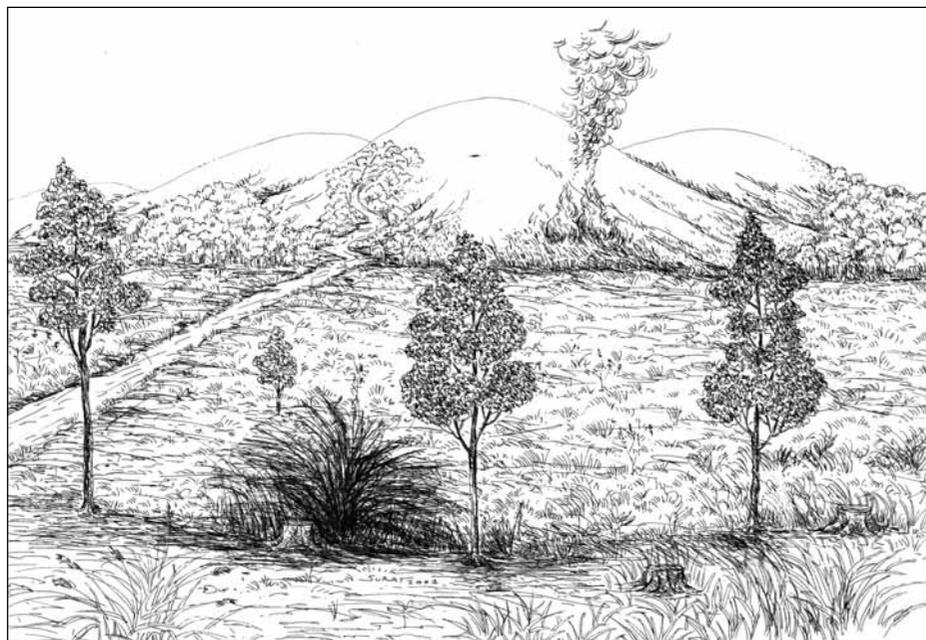
ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN RECOMENDADA:

- Protección + RNA (regeneración natural acelerada)
- Reintroducción de especies localmente extinguidas

OPCIONES PARA AUMENTAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS:

- Plantación de enriquecimiento con especies comerciales que se han perdido por uso insostenible
- Establecimiento de reservas extractivas para asegurar el uso sostenible de productos forestales
- Ecoturismo

3.1 RECONOCIENDO LOS NIVELES DE DEGRADACIÓN



Degradación fase 3

UMBRALES CRÍTICOS DEL SITIO		UMBRALES CRÍTICOS DEL PAISAJE	
Vegetación	Dominan las malezas herbáceas	Bosque	Los remanentes permanecen como fuentes de semillas
Fuentes de regeneración	Mayormente de lluvia de semillas entrante; posiblemente queden algunas plántulas y tocones vivos	Dispersores de semillas	Mayormente especies que dispersan semillas pequeñas
Suelo	Permanece en gran parte fértil; baja erosión	Riesgo de incendio	Alto

ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN RECOMENDADA:

- Protección del sitio + RNA + plantando especies 'framework'

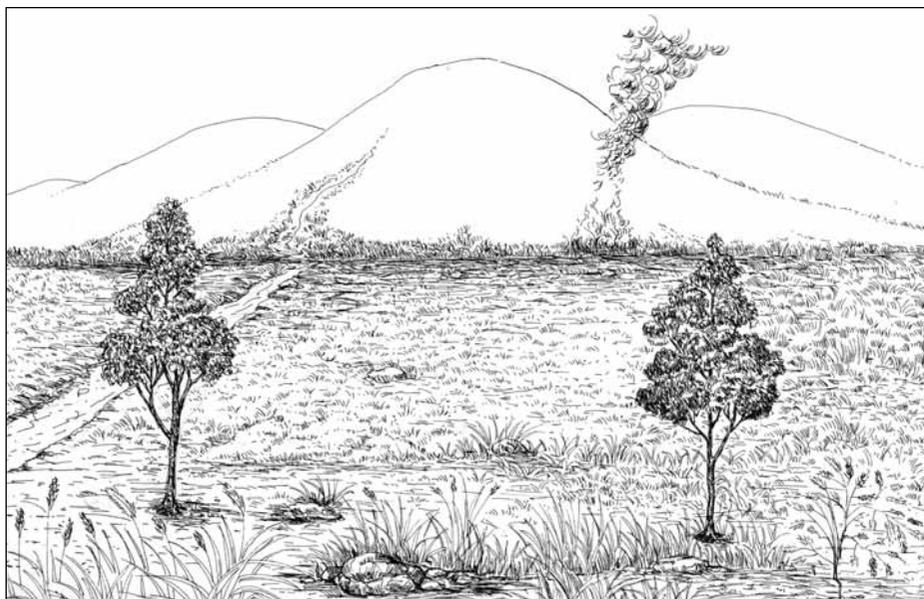
OPCIONES PARA AUMENTAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS:

- Plantar especies 'framework' que tienen beneficios económicos
- Garantizando a la población local el beneficio de los fondos para la plantación de árboles y el mantenimiento del sitio
- Silvicultura análoga¹ o agricultura de 'Rainforestation'²

¹ en.wikipedia.org/wiki/Analog_forestry

² www.rainforestation.ph/index.html

Degradación fase 4



UMBRALES CRÍTICOS DEL SITIO		UMBRALES CRÍTICOS DEL PAISAJE	
Vegetación	Dominan las malezas herbáceas	Bosque	Pocos remanentes o demasiado alejados para dispersar semillas hacia el sitio
Fuentes de regeneración	Bajas	Dispersores de semillas	En su mayoría desaparecidos
Suelo	Riesgo de erosión en aumento	Riesgo de incendio	Alto

ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN RECOMENDADA

- Protección del sitio + RNA + plantación de especies 'framework' + plantación de enriquecimiento con especies clímax
- Métodos de máxima diversidad (Goosem & Tucker, 1995) como el método de Miyawaki³

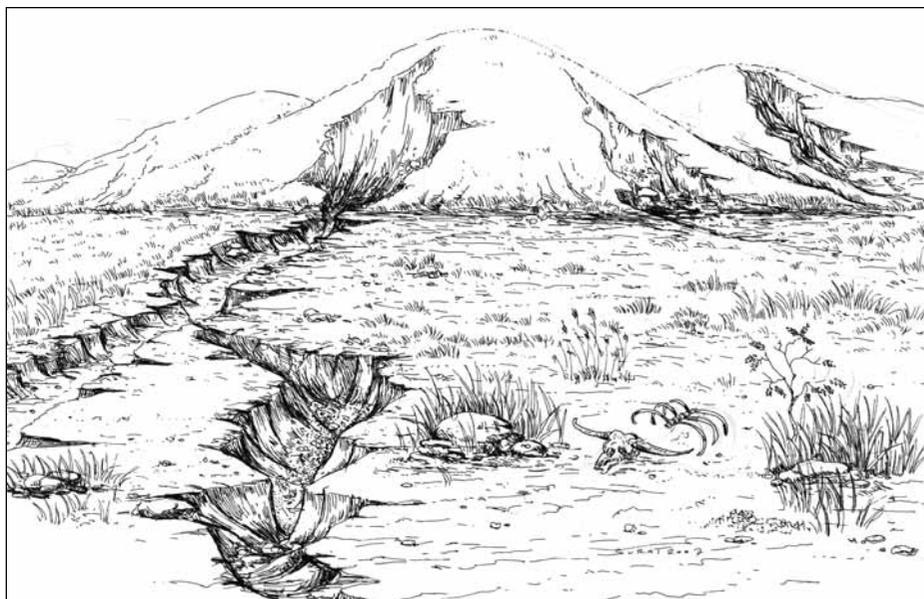
OPCIONES PARA AUMENTAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS:

- Plantación de enriquecimiento con especies comerciales + cosecha sostenible de productos forestales no maderables
- Contratación de la población local en el programa de restauración
- Silvicultura análoga o agricultura de 'Rainforestation'⁴

³ www.rainforestation.ph/news/pdfs/Fujiwara.pdf

⁴ www.rainforestation.ph/index.html

3.1 RECONOCIENDO LOS NIVELES DE DEGRADACIÓN



Degradación fase 5

UMBRALES CRÍTICOS DEL SITIO		UMBRALES CRÍTICOS DEL PAISAJE	
Vegetación	Sin cobertura de árboles. Suelo pobre podría limitar crecimiento de malezas	Bosque	Normalmente ausente dentro de las distancias de dispersión de semillas hacia el sitio
Fuentes de regeneración	Muy pocas o ninguna	Dispersores de semillas	En su mayoría desaparecidos
Suelo	Condiciones pobres del suelo limitan establecimiento de árboles	Riesgo de incendio	Al principio bajo (las condiciones del suelo limitan el crecimiento de las plantas); va en aumento, a medida que se recupera la vegetación

ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN RECOMENDADA:

- Mejoramiento del suelo plantando abonos verdes, y añadiendo abono, fertilizantes y micro-organismos del suelo
- ... seguido por la plantación de 'plantas nodriza' por ejemplo, árboles resistentes que fijan nitrógeno y mejoran el suelo (también conocido como el método de "plantaciones como catalizadores" (Parrotta, 2000))
- ... y después el raleo de las plantas nodriza y su remplazamiento gradual por la plantación de una amplia gama de especies nativas de árboles de bosque

OPCIONES PARA AUMENTAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS:

- Habrá pocos beneficios económicos hasta que el ecosistema del suelo se haya recuperado
- Se pueden plantar especies de árboles comerciales como plantas nodriza para generar ingresos del raleo
- Mecanismos para garantizar que la población local se beneficie de las cosechas de especies de árboles comerciales
- Una vez que el cultivo de los árboles comerciales está listo para ser raleado y modificado, las opciones para lograr beneficios económicos son los mismos que los de la degradación fase 4

3.2 Una rápida evaluación de sitio

Reconocer cuál de las cinco fases de degradación ha sido alcanzada en el sitio, determinará cuál de las amplias estrategias de restauración será la más adecuada (**Tabla 3.1**). Se necesitará entonces una evaluación más detallada del sitio, para determinar el potencial existente para una regeneración natural del bosque e identificar los factores que podrían limitarla. Estos factores determinarán qué actividades deben ser implementadas y la intensidad del trabajo requerida para cada sitio (y de allí la mano de obra requerida y los costos). El plan del proyecto puede entonces empezar a tomar forma.

Para realizar una evaluación simple del sitio, necesitarás el siguiente equipo: un compás, un mapa topográfico, un sistema de posicionamiento global (GPS), una cámara, bolsas de plástico, una caña de 2 m de bambú o similar, una cuerda con una marca a los 5 m desde su extremo y hojas de datos (ver página opuesta y **Apéndice A1.1**) en un portapapeles y un lapicero.

Invita a todas las partes interesadas (particularmente a la población local) a participar en la inspección del sitio, empieza a marcar los límites del sitio en un mapa y registra las coordenadas GPS. Luego, estudia la regeneración natural a lo largo de un transecto a través del sitio en su punto más ancho. Selecciona el punto de partida y decide con la brújula el rumbo a seguir por la línea.

En el punto de partida, posiciona el poste de bambú y usa la cuerda atada a ella para marcar una parcela circular de muestreo de 5 m de radio. Si hubiera cualquier señal de presencia de ganado en la parcela de muestreo (por ejemplo, estiércol, huellas de pezuñas, marcas de mordidas en la vegetación etc.) haz una marca en la columna 'ganado' en la hoja de datos; lo mismo para señales de fuego (ceniza, o marcas negras en la base de la vegetación leñosa). Registra todas las informaciones provistas por los participantes locales, referentes a la historia del uso de la tierra del sitio. Estima la extensión del suelo expuesto en la parcela (como porcentaje del área), pregunta a los participantes locales que clasifiquen las condiciones del suelo (buenas, medianas, pobres etc.) y toma nota de cualquier señal de erosión del suelo. Estima el porcentaje de cobertura y la altura promedio de los pastos y malezas herbáceas a través de la parcela, y anota si las plántulas de árboles están fuertemente representados en la flora terrestre.

Registra el número de a) árboles más grandes de 30 cm de perímetro a la altura del pecho (PAP) (es decir, 1.3 m desde el suelo), b) árboles jóvenes más altos de 50 cm (pero más pequeños de 30 cm PAP) y c) tocones de árboles vivos (con rebrotes verdes) dentro de cada parcela. El número de 'árboles regenerados' por parcela es el número total de árboles en todas las tres categorías. Coloca muestras de hojas de cada especie de árbol que encuentres en bolsas de plástico. Finalmente, toma fotos desde el poste hacia el norte, sur, este y oeste.

Mide a pasos la distancia requerida a lo largo del rumbo del compás predeterminado hasta el siguiente punto de muestreo. Recoge datos en un mínimo de 10 puntos de muestreo a través del sitio, cada uno a unos 20 pasos de distancia del otro. Si el sitio es grande, posiciona los puntos de muestreo a distancias más grandes y usa más puntos (por lo menos 5 por hectárea). Si el sitio es pequeño y no es posible ubicar el número requerido de puntos en un solo transecto, usa dos o más líneas paralelas en lugares representativos a través del sitio. Una vez que has decidido la dirección del transecto en el rumbo de la brújula y la distancia entre los puntos de muestreo para cada línea, sigue estrictamente estos parámetros durante la inspección.

Al final de la inspección, encuentra un espacio limpio y ordena las muestras de hojas. Agrupa las hojas de las mismas especies y cuenta el número de las especies comunes en el sitio (por ejemplo, aquellos representados en más del 20% de las parcelas). Pide a los participantes locales que te den los nombres locales de las especies y trata de determinar si son especies pioneras o clímax.

Ejemplos de evaluación rápida

Parcela	Señales de ganado	Señales de fuego	Suelo – % expuesto/condición/erosión	Malezas – % cobertura/altura media/± plántulas de árboles	Núm. árboles >50 cm altura (<30 cm PAP)	Núm. tocones de árboles vivos	Núm. árboles >30 cm PAP	Núm. total de árboles regenerados
1	✓	✓	5%/pobre/no	95%/1, 0 m/ninguno	6	14	0	20
2	✓	X	15%/pobre/no	85%/0, 5 m/pocas	9	15	0	24
3	✓	X	5%/pobre/no	95%/1, 5 m/ninguno	12	12	1	25
4	✓	✓	30%/pobre/no	70%/0, 3 m/ninguno	4	3	0	7
5	✓	✓	5%/pobre/no	95%/1, 5 m/muchas	14	15	2	31
6	X	✓	0%/pobre/no	100%/1, 5 m/pocas	7	13	1	21
7	✓	✓	5%/pobre/no	95%/0, 8 m/muchas	10	15	1	26
8	✓	✓	10%/pobre/no	90%/1, 2 m/muchas	9	12	2	23
9	✓	✓	20%/pobre/si	80%/0, 5 cm/ninguno	9	5	1	15
10	X	✓	20%/pobre/no	80%/1, 2 m/ninguno	6	10	0	16

Localización, GPS	Siem Reap, Camboya, 13°34'3.24"N, 104° 2'59.80"E			Total	208
Registrador	Kim Sobon			Media	20,8
Fecha	1 de Junio 2010			Promedio/ha	2.667
Núm. total de especies	18	Pioneras	16	Núm. de árboles a plantar por ha	433
		Climax	2		

Otros comentarios: Los aldeanos dijeron que las dispersoras de semillas grandes están ausentes, pero que es común ver aves frugívoras y pequeños mamíferos. La caza es común en el área. Los aldeanos quieren usar el bosque para hacer carbón.



Las evaluaciones rápidas para registrar la regeneración natural existente y los factores más prominentes que la previenen, se realizan usando las parcelas de muestreo circulares de 5 m radios.

Si es posible, haz especímenes disecados, incluyendo flores y frutos, y pide a los botánicos que te den los nombres científicos. Luego calcula el número promedio de árboles regenerados por parcela y por hectárea.

Al final de la inspección, organiza una corta reunión de discusión con los participantes, con el fin de identificar cualquier otro factor que impida la regeneración del bosque que no estuviera ya registrado en las hojas de datos, especialmente concerniente a las actividades de los pobladores locales, como la recolección de leña. La abundancia de animales dispersores de semillas en el área no puede ser evaluada en la inspección rápida del sitio, pero los pobladores locales probablemente sabrán cuáles son los dispersores de semillas siguen siendo comunes en el área. Trata de determinar si los dispersores de semillas están amenazados por la caza.

3.3 Interpretar los datos de una evaluación rápida del sitio

Las actividades iniciales de la restauración deben apuntar a:

- i) contrarrestar los factores que impiden la regeneración del bosque (como incendios, ganado, caza de animales dispersores de semillas etc.);
- ii) mantener o aumentar la densidad de árboles regenerados a 3,100/ha;
- iii) mantener la densidad de las especies de árboles comunes (en caso de que fuera alta) o aumentar la riqueza de especies de árboles hasta que estén representados por lo menos en 10% de las especies de árboles características del bosque clímax aspirado.

3.3 INTERPRETAR LOS DATOS DE UNA EVALUACIÓN RÁPIDA DEL SITIO

UMBRALES CRÍTICOS DEL PAISAJE				ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN SUGERIDA			UMBRALES CRÍTICOS DEL SITIO		
Bosque en el paisaje	Mecanismos de dispersión de semillas	Riesgo de incendios			Cobertura de vegetación	Regeneración natural	Suelo		
El bosque remanente está a pocos km de distancia del sitio de restauración	En gran parte intacto, limitando la recuperación de la riqueza de especies de árboles	Bajo a medio	Medio a alto	PROTECCIÓN	La cobertura de copas de los árboles excede la cobertura de la maleza herbácea	Los árboles regenerados naturalmente exceden 3,100/ha con más de 30 ⁵ especies de árboles comunes representados	El suelo no limita el establecimiento de plántulas de árboles		
				PROTECCIÓN + RNA	La cobertura de las copas de árboles es insuficiente para producir sombra sobre la maleza herbácea				
Los parches de bosque remanente son muy escasos o ausentes en el paisaje circundante	Los animales dispersores de semillas son raros o ausentes, hasta tal punto que el reclutamiento de especies de árboles al sitio será limitado	Alto	PROTECCIÓN + RNA + PLANTACIÓN DE ESPECIES DE ÁRBOLES 'FRAMEWORK'	La cobertura de la maleza herbácea excede en gran medida a la cobertura de las copas de árboles	Los árboles regenerados naturalmente son más escasos que 3,100/ha con menos de 30 ⁵ especies de árboles comunes representados	La degradación limita el establecimiento de plántulas de árboles			
			PROTECCIÓN + RNA + PLANTACIÓN DE DIVERSIDAD MÁXIMA DE ÁRBOLES						
			MEJORAMIENTO DEL SUELO + PLANTACIÓN DE ÁRBOLES NODRIZA, SEGUIDA DE RALEO Y REEMPLAZO GRADUAL DE PLANTACIÓN DE DIVERSIDAD MÁXIMA DE ÁRBOLES	La cobertura de maleza herbácea está limitada por las pobres condiciones del suelo					

⁵ O aproximadamente 10% del número estimado de especies de árboles en el bosque-objetivo, si fuera conocido.



Se deben contar los tocones de árboles con rebrotes en la inspección del sitio, junto con los árboles jóvenes y los mayores.

La inspección del sitio determinará qué factores están evitando la regeneración natural del bosque. Lograr una densidad de 3,100 árboles regenerados por hectárea, tiene como resultado un espaciamiento promedio de 1.8 m entre ellos. Para la mayoría de ecosistemas de bosques tropicales, esto es lo suficientemente cercano, como para asegurar que las malezas estén bajo sombra y se logre que el dosel se cierre dentro de 2-3 años después de haber iniciado los trabajos de restauración. La pauta de "aproximadamente 10% de la riqueza de especies del ecosistema del bosque-objetivo" es ajustable, dependiendo de la diversidad del ecosistema-objetivo. Si no conoces la riqueza de especies del ecosistema-objetivo, intenta re-establecer aproximadamente 30 especies de árboles (plantando y/o asistiendo a la regeneración natural). Esto es normalmente suficiente para impulsar la recuperación de la biodiversidad en la mayoría de los ecosistemas de bosques tropicales, y 30 especies de árboles es más o menos lo máximo que puede producirse en un vivero de árboles a pequeña escala. La tasa general de recuperación de la biodiversidad aumentará con el número de especies de árboles que puedan utilizarse al comienzo de la restauración, pero algunos ecosistemas de bosques tropicales de baja diversidad (por ejemplo, bosques montanos de altura o manglares) pueden ser restaurados estableciendo inicialmente menos de 30 especies.

Compara el resultado de la evaluación del sitio con las pautas incluidas más abajo para confirmar el nivel de la degradación en tu sitio de restauración. Selecciona la estrategia de restauración general que concuerde con las condiciones registradas y empieza a planificar las tareas del manejo, incluyendo las medidas de protección (por ejemplo, exclusión del ganado y/o prevención de incendios), el equilibrio entre la plantación de árboles y asistencia a la regeneración natural, los tipos de especies de árboles a plantar, la necesidad de mejorar el suelo etc.

Degradación fase-1

Resultados de la inspección: La regeneración natural es en promedio más de 25 árboles regenerados por parcela, con más de 30 especies de árboles (o aproximadamente 10% de los números estimados de especies de árboles en el bosque-objetivo, si se conocen) representados comúnmente a través de 10 parcelas, incluyendo varias especies clímax. Los árboles jóvenes con más de 50 cm de altura son comunes en todas las parcelas, con árboles más grandes presentes en casi todos. Pequeñas plántulas de árboles son comunes entre la flora terrestre. Las hierbas y los pastos cubren menos de 50% de las parcelas y su altura promedio es normalmente más baja que la de los árboles regenerados.

Estrategia: Ni la plantación de árboles ni la RNA (regeneración natural acelerada) son necesarios. Debería ser suficiente con la protección, es decir, prevención de invasión y futura perturbación del sitio, para restaurar con rapidez las condiciones del bosque clímax. La inspección del sitio y la discusión con los pobladores locales determinarán si la prevención de incendios, la remoción del ganado, y/o medidas para prevenir la caza de animales dispersores de semillas son necesarias. Si los animales cruciales dispersores de semillas han sido eliminados, considera reintroducirlos.

Degradación fase-2

Resultados de la inspección: El número promedio de árboles regenerados sigue siendo mayor que 25 por parcela, con más de 30 especies (o aproximadamente 10% del número estimado de especies de árboles en el bosque-objetivo, si fueran conocidos) representados a través de las 10 parcelas, pero las especies de árboles pioneras son más comunes que las especies clímax. Los árboles jóvenes más altos de 50 cm siguen siendo comunes en todas las parcelas, pero los árboles más grandes son raros y la cobertura de las copas es insuficiente para producir sombra

3.3 INTERPRETAR LOS DATOS DE UNA EVALUACIÓN RÁPIDA DEL SITIO

sobre la maleza. Por ello, dominan las hierbas y los pastos, cubriendo en promedio más de 50% de las áreas de las parcelas, aunque puede que siga habiendo pequeñas plántulas de árboles entre la flora terrestre. Las hierbas y los pastos sobrepasan a las plántulas de árboles y muchas veces también a los árboles jóvenes y rebrotes de los tocones.

Estrategia: Bajo estas circunstancias, las medidas protectoras descritas para la degradación fase-1 deben ser complementadas con medidas adicionales para 'asistir' a la regeneración natural, con el fin de acelerar el cierre de copas. La RNA es necesaria para romper el circuito de retroalimentación por el cual los altos niveles de luz, creados por un dosel abierto promueven el crecimiento de pastos y hierbas, que desalientan los dispersores de semillas de árboles y vuelven el sitio vulnerable a incendios. Esto a su vez, inhibe el establecimiento de los árboles. Las medidas de la RNA pueden incluir desmalezar, aplicaciones de fertilizante y/o mulching alrededor de los árboles regenerados. Si varias especies de bosque clímax no colonizan naturalmente el sitio después de que se haya logrado el cierre de copas (porque el bosque intacto más cercano está demasiado lejos, y/o los dispersores de semillas han sido extinguidos), puede ser necesaria la plantación de enriquecimiento.

Degradación fase-3

Resultados de la inspección: La regeneración natural es menor a 25 árboles regenerados por parcela, con menos de 30 especies de árboles representados a través de las 10 parcelas (o aproximadamente 10% del número de árboles estimados en el bosque-objetivo, si conocido). Las especies de árboles clímax están ausentes o son muy raras. Raras veces se encuentran plántulas de árboles entre la flora terrestre. Las hierbas y los pastos dominan, cubriendo en promedio más del 70% de las áreas de las parcelas, y normalmente crecen más alto que los pocos árboles regenerados que podrían sobrevivir. Quedan restos de bosque intacto en el paisaje a pocos kilómetros del sitio y quedan poblaciones viables de animales dispersores de semillas.

Estrategia: Bajo estas circunstancias, la protección y la RNA deben ser complementadas con la plantación de especies de árboles 'framework' (de marco). La prevención de invasión y la exclusión del ganado (si presente) siguen siendo necesarios y la prevención de incendios es importante por la abundancia de pastos altamente inflamables. Los métodos de la RNA necesarios para reparar la degradación fase-2 deben ser aplicados a la poca regeneración natural que queda, pero adicionalmente, se debe aumentar la densidad de la regeneración, plantando especies de árboles 'framework' para producir sombra sobre las malezas y atraer a animales dispersores de semillas.

El número de árboles plantados debe ser 3,100 por hectárea, menos el número estimado de árboles regenerados naturalmente por hectárea (sin contar las pequeñas plántulas en la flora terrestre). El número de especies plantadas a través de todo el sitio debe ser 30 (o aproximadamente el 10% del número de árboles estimados en el bosque-objetivo, si fuera conocido), menos el número total de especies registradas durante la evaluación. Por ejemplo, los datos de la evaluación presentados en la pág. 73 sugieren que se debían plantar en este sitio 433 árboles por hectárea de 12 especies. Estos árboles deben ser en su mayoría de especies clímax porque la evaluación muestra que ya están representadas 18 especies pioneras entre los árboles regenerados.

Las especies de árboles 'framework' deben ser seleccionadas para la plantación, usando los criterios definidos en la **Sección 5.3**. Pueden incluir ambas, las especies pioneras y las clímax, pero deben ser especies diferentes de las que se hayan registrado durante la evaluación del sitio. La plantación de especies 'framework', recupera el sitio de pastos y hierbas invasivas, y restablece los mecanismos de dispersión de semillas, a la vez que mejora la re-colonización del sitio de restauración por la mayoría de las otras especies de árboles que comprende el ecosistema-objetivo del bosque clímax. Si cualquier especie de árbol importante fracasa en recolonizarse, puede introducirse en plantaciones de enriquecimiento posteriores.

Degradación fase-4

Resultados de la inspección: Las condiciones registradas durante la evaluación del sitio son similares a las de la degradación fase-3, pero al nivel del paisaje, no quedan restos de bosque intacto a 10 km del sitio y/o los animales dispersores de semillas se han vuelto tan escasos, que ya no son capaces de traer al sitio en cantidades suficientes, semillas de especies de árboles clímax. La re-colonización del sitio por la vasta mayoría de las especies de árboles es, por ello, imposible por medios naturales.

Estrategia: Medidas protectoras, acciones de RNA y plantación de especies de árboles marco, todas deben ser llevadas a cabo igual que en la degradación fase-3. Estas medidas deben ser suficientes para restablecer la estructura básica y el funcionamiento del bosque, pero con fuentes de semillas insuficientes y escasos dispersores de semillas en el paisaje, la composición completa de especies de árboles solamente se puede recuperar, estableciendo manualmente todas las especies de árboles ausentes que caracterizan el bosque-objetivo clímax, o bien plantando y/o sembrando directamente. Este 'enfoque de máxima diversidad' (Goosem & Tucker, 1995; Lamb, 2011) es costoso y un desafío técnico.

Degradación fase-5

Resultados de la inspección: La regeneración total es menor a 2 árboles regenerados por parcela (espaciamiento promedio de regeneración $>6-7$ m), con menos de 3 especies de árboles (o aproximadamente 10% del número de árboles estimados en el bosque-objetivo, si fuera conocido) representados a través de las 10 parcelas. Las especies de árboles clímax están ausentes. La tierra desnuda está expuesta, en promedio, a más de 30% de las áreas de las parcelas y el suelo está frecuentemente compactado. La población local considera que las condiciones del suelo son excesivamente pobres, y las señales de la erosión son registradas durante la evaluación del sitio. Puede haber erosión por barrancos junto con la sedimentación de los cauces de agua. La flora terrestre está limitada por las condiciones pobres del suelo, a menos de 70% de cobertura en promedio y está desprovista de plántulas de árboles.

Estrategia: Bajo estas circunstancias, es normalmente necesario mejorar el suelo antes de comenzar a plantar árboles. Las condiciones del suelo pueden mejorarse arando, añadiendo fertilizantes y/o con abono verde (por ejemplo, estableciendo un cultivo de hierbas leguminosas para añadir materia orgánica y nutrientes al suelo). Se pueden aplicar técnicas adicionales de mejoramiento del suelo durante la plantación de árboles, como la adición de compost, polímeros absorbentes de agua y/o inoculaciones de micorriza a los huecos de plantación y aplicaciones de mulch alrededor de los árboles plantados (ver **Sección 5.5**).

Mejoramientos adicionales de las condiciones del sitio pueden ser logrados plantando primero plantas nodriza (Lamb, 2011): especies de árboles que son tolerantes a las duras condiciones del suelo, pero que también son capaces de mejorar el suelo. Estos deben ser gradualmente raleados a medida que las condiciones del sitio mejoran; en su lugar debe plantarse una gama más amplia de especies forestales nativas. Para lograr la recuperación completa de la biodiversidad, en la mayoría de los casos debe emplearse el planteamiento de máxima diversidad, pero donde quedan bosque y dispersores de animales en el paisaje, plantando una gama más pequeña de especies de árboles 'framework' puede ser suficiente. Esto se conoce como el enfoque "plantaciones como catalizadores" o "ecosistema fomentador" (Parrotta, 2000).

3.3 INTERPRETAR LOS DATOS DE UNA EVALUACIÓN RÁPIDA DEL SITIO

Las plantas nodriza pueden ser especies de árboles 'framework' especialistas, que son capaces de crecer en condiciones muy pobres, particularmente los árboles fijadores de nitrógeno de la familia de las Leguminosas. A veces se ha usado la plantación de especies de árboles comerciales como cultivos nodrizos, porque su raleo genera ingresos iniciales con los que se puede pagar el caro proceso. Las medidas de protección, como prevención de incendios e invasión, y la exclusión del ganado, permanecen esenciales a través del largo proceso de proteger la inversión sustancial requerida para reparar la degradación fase-5.

Debido a los elevados costos involucrados, raras veces se realiza una restauración de bosque en sitios con degradación fase-5. A excepción de los sitios donde se exige por ley, que prósperas compañías rehabiliten las minas a cielo abierto.



Rehabilitación de una mina de lignito a cielo abierto en el norte de Tailandia. Normalmente, solo compañías ricas pueden permitirse los altos costos de restauración de bosques en sitios con degradación fase-5.

Cuadro 3.1. Orígenes del método de las especies 'framework'.

El método de la restauración con especies 'framework' se originó en los trópicos húmedos de Queensland, en la zona tropical de Australia. Quedan acerca de 1 millón de hectáreas de bosque tropical (algunas en fragmentos) en esta región y la restauración de ecosistemas de bosques húmedos en áreas degradadas empezó a comienzos de los años ochenta, poco después de que la región fuera colectivamente declarada Área de Patrimonio Mundial de la UNESCO en 1988. La difícil tarea de la restauración fue responsabilidad del Servicio de Parques y Vida Silvestre de Queensland (QPWS) y gran parte del trabajo fue delegado al oficial de QPWS Nigel Tucker y a su pequeño equipo, con base en el Parque Nacional de Lake Eacham. Allí, el equipo estableció un vivero de árboles para cultivar muchas de las especies nativas del bosque húmedo del área.



Nigel Tucker señala al denso sotobosque, 27 años después del trabajo de restauración en el Pantano de Eubenangee.

Una de las primeras pruebas de restauración empezó en 1983 en el Parque Nacional Pantano Eubenangee en la planicie costera. Esta área de bosque pantanoso había sido degradada por la tala y el despeje para la agricultura, lo cual había interrumpido el flujo de agua necesario para mantener el pantano. El proyecto aspiraba a la restauración de la vegetación ribereña a lo largo del arroyo que alimentaba el pantano. Una mezcla de especies de árboles nativos de bosque húmedo, incluyendo *Homalanthus novoguineensis*, *Nauclea orientalis*, *Terminalia sericocarpa* y *Cardwellia sublimis*. Las plántulas fueron plantadas entre los pastos y malezas herbáceas (sin desmalezar para la preparación del sitio) y se aplicó fertilizante. Después de 3 años, los resultados iniciales fueron decepcionantes. No se había logrado el cierre de



Bosque restaurado en los bordes del Pantano de Eubenangee, ahora se mezcla imperceptiblemente con el bosque natural.

Cuadro 3.1. continuado.



Homalanthus novoguineensis, una de las primeras especies 'framework' reconocidas.

copas y la densidad de las plántulas establecidas naturalmente fue más baja de lo que se había esperado. No obstante, el experimento resultó en la observación crucial, de que la regeneración natural se dio mucho más entre ciertas especies que en otras. Las especies que más fomentaban la regeneración natural eran frecuentemente pioneras de crecimiento rápido con frutos pulposos, y el primero en la lista era el Corazón sangrante (*Homalanthus novoguineensis*).

De aquellas observaciones en el Pantano de Eubenagee, se estableció la idea de seleccionar especies de árboles para atraer a los animales dispersores de semillas. Esto, junto con reconocer la necesidad de una preparación del sitio más intensa y el control de la maleza, se desarrolló con el método de restauración de bosque de las especies 'framework'. Hoy, más de 160 de las especies de bosque húmedo de Queensland son reconocidas como especies de árboles 'framework'. El término apareció primero en un folleto, 'Repairing the Rainforest'⁶ publicado por la Wet Tropics Management Authority en 1995, que Nigel Tucker escribió conjuntamente con el colega de QPWS Steve Goosem. El concepto reconoce que donde hay árboles remanentes y quedan animales dispersores de semillas (es decir, fases de degradación 1–3), plantar relativamente pocas especies, que son seleccionadas para mejorar los mecanismos de la dispersión natural de semillas y re-establecer la estructura básica del bosque, es suficiente para impulsar la sucesión de bosques hacia el ecosistema de bosque clímax, con un manejo posterior mínimo. Ahora, más de 20 años después del inicio, el enfoque de las especies 'framework' es ampliamente aceptado, como uno de los métodos estándar en la restauración de bosques tropicales. Se ha adaptado para restaurar otros tipos de bosques, mucho más allá de los límites de Queensland.



La restauración de bosque en el Pantano de Eubenagee creó hábitat para miles de especies de la vida silvestre, incluyendo a esta oruga *Dysphania fenestrata*.

Por Sutthathorn Chairuangsi

⁶ www.wettropics.gov.au/media/med_landholders.html

ESTUDIO DE CASO 2: Restauración de bosque litoral en el sureste de Madagascar

País: Madagascar.

Tipo de bosque: Bosque húmedo litoral, suelo arenoso pobre en nutrientes.

Naturaleza de propiedad: Tierra propiedad del estado con un arrendamiento a largo plazo para la minería de ilmenita.

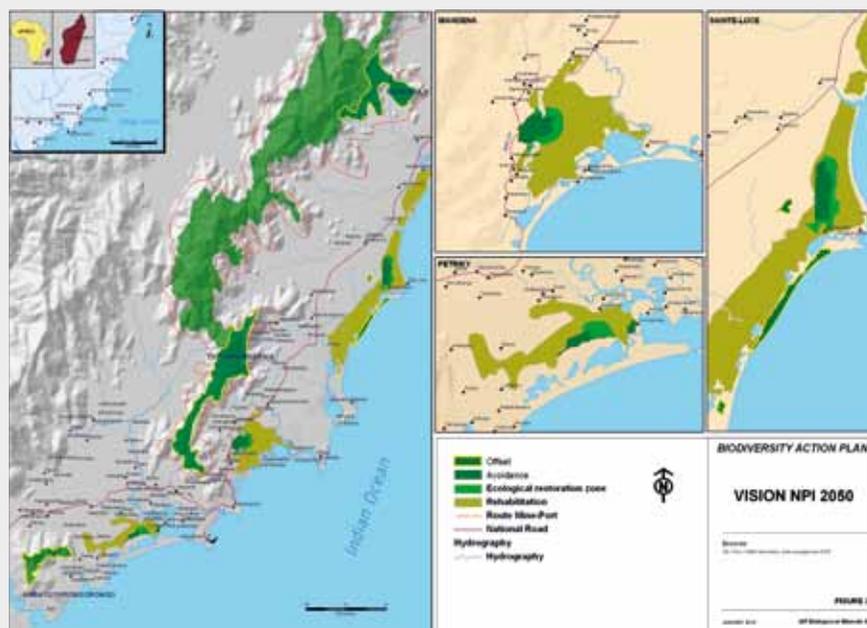
Manejo y uso de la comunidad: El paisaje de matorral abierto, bosque degradado fragmentado, humedales y bosque protegido fue co-gestionado por la comunidad, el gobierno y la QIT Madagascar Minerals (QMM). Años de explotación y manejo insostenible para construcción, leña y carbón han provocado el paisaje actual. Los usos están ahora regulados por una 'Dina', un contrato social fidedigno para el manejo de los recursos naturales.

Nivel de degradación: Matorral abierto degradado con fragmentos residuales de bosques altamente degradados.

Antecedentes

El área de estudio, cerca del emplazamiento de la minera Mandena QMM, queda en la región sureste de Madagascar, cerca de Tolagnaro (Fort Dauphin). El 80% de QMM pertenece al grupo minero internacional Rio Tinto y el 20% al gobierno de Madagascar, y explotará arenas minerales en la región de Anosy durante los siguientes 40 años. Siendo uno de los focos de biodiversidad más importantes, Madagascar continúa experimentando traumas medio ambientales. La restauración de bosques naturales se ha vuelto un tema importante en las actividades forestales y conservacionistas. También han tenido lugar varias iniciativas en las que se han plantado árboles nativos en zona neutral, alrededor de bosques naturales después de la explotación o de la destrucción total, pero el trabajo y el conocimiento en este campo sigue siendo muy preliminar. Uno de los compromisos dentro del Plan de Manejo Medioambiental que debe llevarse a cabo bajo los términos de su permiso de minería, es la restauración de bosques naturales y humedales después de la explotación minera. El plan es duplicar el área

Localización del área de estudio.



Las especies de árboles incluidas en el estudio, de acuerdo con su categoría asignada.

	Amantes del sol	Pioneras	Intermedias	Climax y amantes de la sombra
Características	<ul style="list-style-type: none"> Especies de bosque verdadero Requieren luz del sol 	<ul style="list-style-type: none"> Necesitan toda la luz del sol para su crecimiento óptimo 	<ul style="list-style-type: none"> Ni amantes del sol, ni amantes de la sombra Tasa mediodre de germinación bajo las condiciones de almácigo sin sombra 	<ul style="list-style-type: none"> Sombra para el crecimiento óptimo
Especies	<p><i>Canarium bullatum</i> inedit (Burseraceae), <i>Eugenia cloisellii</i> (Myrtaceae), y <i>Rhopalocarpus coriaceus</i> (Sphaerosepalaceae)</p>	<p><i>Vernoniopsis caudata</i> (Asteraceae), <i>Gomphia obtusifolia</i> (Ochnaceae), <i>Dodonaea viscosa</i> (Sapindaceae), <i>Aphloia theiformis</i> (Aphloiaceae), <i>Scutia myrtina</i> (Rhamnaceae), y <i>Cerbera manghas</i> (Apocynaceae)</p>	<p><i>Tambourissa castri-delphini</i> (Monimiaceae), <i>Vepris elliotii</i> (Rutaceae), <i>Dracaena reflexa</i> var. <i>bakeri</i> (Asparagaceae), <i>Psorospermum revolutum</i> (Hypericaceae), <i>Eugenia</i> sp. (Myrtaceae), y <i>Ophiocolea delphinensis</i> (Bignoniaceae)</p>	<p><i>Dyopsis prestoniana</i> and <i>D. lutescens</i> (Arecaceae), <i>Pandanus dauphinensis</i> (Pandananaceae), <i>Podocarpus madagascariensis</i> (Podocarpaceae), <i>Diospyros gracilipes</i> (Ebenaceae), <i>Apodytes bebile</i> (Icacinaceae), y <i>Dombeya mandenensis</i> (Malvaceae)</p>

CAPÍTULO 3 RECONOCIENDO EL PROBLEMA

de la superficie de la zona de conservación existente en Mandena, restaurando 200 ha de bosque natural y 350 ha de humedales después de la explotación minera. Las pruebas se están haciendo en los últimos 15 años.

Investigar la selección de especies

Este caso práctico resume 10 años de experimentos de restauración. Durante la primera ronda de recolección cualitativa de datos, las características del crecimiento de los árboles jóvenes, de varias especies de árboles de bosque de litoral que crecían en un vivero, fueron observadas y descritas cualitativamente. El objetivo de la primera etapa del programa de plantación, era instalar una vegetación que pudiera servir de punto de partida, para la sucesión natural o facilitada de la restauración de los componentes del bosque deseados. Las especies de árboles fueron categorizadas de acuerdo a su tolerancia a la exposición del sol, alta evaporización y a las pobres condiciones del suelo, y su capacidad para desarrollar rápidamente un sistema de raíces extenso y denso. Noventa y dos especies de árboles nativos fueron examinados y asignados como especies amantes del sol, pioneras, intermedias o de sucesión tardía (clímax amantes de la sombra).

Explorar los factores para la restauración

Se hicieron pruebas para probar los efectos de varios factores en el crecimiento de árboles y las tasas de supervivencia:

1. Los efectos del alcance de la desmineralización en la restauración y sucesión, fueron examinados en un experimento en el que las condiciones del suelo post-minería fueron simuladas. Crecieron plantas en suelos que fueron desmineralizados a uno de tres niveles: a) desmineralización a gran escala a una profundidad de 2 m (simulando el proceso minero), b) desmineralización simulada (simulando la eliminación del humus después de la explotación) o c) no hay desmineralización.
2. Los efectos de añadir una capa de suelo vegetal fueron probadas en un experimento en el que árboles jóvenes fueron plantados en la capa vegetal que fue o bien a) añadida para cubrir continuamente el área de plantación a una profundidad de 20 cm o b) añadida solamente al hueco en el que se plantó el árbol joven.
3. Un estudio adicional observó los efectos de la distancia a bosques naturales como fuentes de regeneración.
4. Se plantaron especies nativas con y sin especies exóticas (incluyendo *Eucalyptus robusta* y *Acacia mangium*) como árboles de sombra en un intento de promover la sucesión.
5. De acuerdo a los resultados de los estudios de sucesión de bosques, las especies de árboles de bosque fueron asignados en una de las tres clases: pioneras (amantes del sol), intermedias o de sucesión tardía (clímax o amantes de la sombra).
6. Las influencias de ectomicorriza, fijación de nitrógeno y asociaciones desconocidas microbiales sobre la sucesión también fueron consideradas.

Lecciones aprendidas

La desmineralización de suelos arenosos durante la explotación minera (como la ilmenita (FeTiO_2) y zircón), no tuvo ningún efecto medible en las tasas de supervivencia de los árboles. Estos minerales son estables y no parecen ser absorbidos por las plantas, que necesitan que los iones estén en soluciones de agua para la asimilación. Varios árboles que fueron plantados en suelos desmineralizados produjeron flores y frutos; de ahí que la desmineralización no pareció afectar el estado reproductivo de las plantas.

Los árboles nativos que fueron plantados en combinación con las especies exóticas *Eucalyptus robusta* y *Acacia mangium* tuvieron una tasa de supervivencia muy baja o fueron totalmente superadas por las especies exóticas. En cinco años, las especies exóticas alcanzaron alturas

ESTUDIO DE CASO 2 – RESTAURACIÓN DE BOSQUE LITORAL EN EL SURESTE DE MADAGASCAR

de por lo menos 5 m. Sólo unas cuantas especies tolerantes a la sombra como *Apodytes bebile*, *Astrotrichilia elliotii* y *Poupartia chapelieri* sobrevivieron bajo estas condiciones. No está claro, sin embargo, si la baja tasa de supervivencia de las especies nativas es debido a la competencia por la luz o a interacciones aleloquímicas con productos de los árboles exóticos. En las parcelas experimentales sin especies de árboles exóticos, las especies nativas de la clase intermedia de los pioneros/amantes del sol sobrevivieron bien. Estas plantas serán probablemente importantes para la primera fase de la restauración del bosque nativo litoral después de la minería.

Los árboles jóvenes que estaban cerca del borde del bosque natural crecieron más rápido que aquellos más alejados. Adicionalmente, los árboles que crecen en pequeños parches aislados de bosque (es decir, grupos de árboles creciendo en un paisaje abierto) son generalmente, mucho más pequeños que aquellos en grandes bloques de bosque. Estas observaciones refuerzan la idea de que las actividades de restauración deben empezar agrandando los bloques de bosque existente, antes que empezar con plantaciones aisladas.

La adición de una capa superficial de suelo tiene un impacto mayor en el crecimiento de los árboles jóvenes. Los árboles jóvenes plantados con una capa de suelo vegetal de 20 cm concentrada alrededor de ellos, crecieron al mismo ritmo que aquellos plantados en un área cubierta con una capa continua de 10 cm de suelo superficial. En Mandena, el suministro de suelo vegetal se ha convertido en un tema significativo del manejo, ya que la mayoría de los bosques naturales fuera de la zona de conservación fueron destruidos. Es por ello importante que la capa superficial del suelo restante se use lo más eficazmente posible.

La idea de usar árboles exóticos para proveer sombra, y un microclima adecuado para los jóvenes árboles nativos, debe ser abandonada. La competencia por la luz y los componentes que permiten el crecimiento, hacen que las especies exóticas sean inadecuadas como plantas pioneras en la restauración de bosques nativos litorales.

Otra consideración de primordial importancia para el crecimiento y la supervivencia de los árboles, es la asociación ubicua de árboles con bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas. Los hongos específicos pueden penetrar en las células de las raíces de sus compañeros simbióticos y formar micorrizas arbusculares, o permanecer en asociación cercana con las raíces sin penetrar la célula, formando ectomicorrizas. Las ectomicorrizas forman estructuras de raíz de micelio que eficazmente aumentan la superficie de resorción del árbol y facilitan la absorción de nutrientes. Además, parece que los hongos también son capaces de movilizar nutrientes esenciales para las plantas directamente desde minerales. Esto podría ser importante para la restauración del bosque, ya que podría permitirle a las plantas extraer nutrientes esenciales desde fuentes minerales insolubles a través de la excreción de ácidos orgánicos.

La simbiosis ectomicorrizal es conocida por menos del 5% de las especies de plantas terrestres y es más común en zonas templadas que en los trópicos. Se recomiendan las investigaciones de seguimiento de las asociaciones ectomicorrizales de *Sarcolaenaceae*, una familia de árboles que es endémica de Madagascar y tiene ocho especies que crecen en el bosque litoral. Se deberá estudiar con más detalle, si las asociaciones ectomicorrizales aportan alguna ventaja en la formación de endomicorriza en las plantas que crecen en arena pobre en nutrientes. La importancia de cualquiera de las formas de micorriza para las especies de árboles del bosque litoral del sud-este de Madagascar es desconocida. Sin embargo, se ha observado, que los árboles jóvenes plantados en suelo desmineralizado crecieron muy poco durante algunos años y luego súbitamente aumentaron en altura. Esto podría indicar que la planta tenía que adquirir sus hongos micorrizales o bacterias fijadoras de nitrógeno, antes de poder empezar a crecer. Las especies con ectomicorriza o bacterias fijadoras de nitrógeno, parecen haber mejorado el crecimiento en suelos desmineralizados, al crecer aproximadamente tres veces más rápido que otras especies de especificidad podrían facilitar los programas de restauración de bosques.

Por Johny Rabenantoandro