
CUANDO LOS ÁRBOLES NO DEJAN VER EL BOSQUE: EFECTOS DE LOS MONOCULTIVOS FORESTALES EN LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

When you Cannot See the Forest for the Trees: Effect of Forest Monocultures on Biodiversity Conservation

ADOLFO CORDERO RIVERA¹, Ph. D.

¹ Catedrático de Ecología. Grupo de Ecología Evolutiva y de la Conservación, Escuela Universitaria de Ingeniería Forestal, Universidad de Vigo, Campus Universitario, 36005 Pontevedra, Galicia, España. adolfo.cordero@uvigo.es

Presentado el 8 de febrero de 2011, aceptado 2 de junio de 2011, correcciones 1 de julio de 2011.

Trabajo presentado como parte de la Cátedra José Celestino Mutis de Biodiversidad, Bogotá, 2010.

RESUMEN

La población humana crece a tasas que eran inimaginables hace solo un siglo, creando tales presiones sobre los recursos, que solo disminuirán cuando el descenso en la natalidad estabilice la población. Entre estos recursos, la madera es uno de los más demandados. Actualmente el consumo mundial de madera es de más de 3.500 millones de m³, habiéndose multiplicado por seis desde 1950. Para responder a esta demanda se gestionan millones de hectáreas de bosques y plantaciones forestales, que se talan en parte cada año. Las talas determinan efectos drásticos en ecosistemas forestales, afectando tanto a biodiversidad asociada como a los servicios que dichos ecosistemas proporcionan a la sociedad. En este trabajo se hace una revisión de las características estructurales y funcionales que diferencian a los bosques de las plantaciones, a pesar del intento de confusión entre ambos ecosistemas por parte de la FAO y de las empresas del sector que han acuñado el oxímoron “bosques plantados”. Las plantaciones forestales son más productivas que los bosques desde el punto de vista del volumen de madera que se puede obtener, y si se gestionasen bien, podrían disminuir la presión sobre los bosques. Sin embargo, no pueden proporcionar muchos de los servicios que los bosques sí proporcionan, especialmente cuando se trata de plantaciones monoespecíficas constituidas por masas coetáneas de especies exóticas que son gestionadas de forma intensiva. Se repasarán algunas de las numerosas técnicas que permiten compatibilizar la producción de madera con la conservación de biodiversidad.

Palabras clave: bosques, plantaciones forestales, impactos ecológicos, conservación, silvicultura ecológica.

ABSTRACT

Human population is growing at rates that were unimaginable only a century ago, creating such pressure on resources, which will only decrease when the decline in birth

rate stabilizes population. Among these resources, wood is one of the most demanded. Global consumption of wood is currently more than 3500 million m³, a rate multiplied by six since 1950. To meet this demand, we manage millions of hectares of forests and forest plantations, part of which are cut down each year. This logging determines drastic effects on forests, affecting the biodiversity associated and the ecosystems services provided to society. This work is a review of the structural and functional characteristics that differentiate forests and forest plantations, in spite of the confusion between both ecosystems by FAO and the forest sector companies, which have coined the oxymoron “planted forests”. Forest plantations are more productive than forests from the point of view of the volume of wood that can be obtained from them, and if well managed, could minimize the pressure on forests. However, they do not provide many services that forests do provide, especially in the case of monospecific plantations consisting of even aged individuals of exotic species that are managed intensively. Some of the many techniques that combine the production of wood with the conservation of biodiversity are reviewed.

Key words: Forests, forest plantations, ecological impacts, conservation, ecoforestry.

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO SOSTENIBLE

El desarrollo sostenible es una acción que integra valores sociales, económicos y ambientales en la planificación, distribuyendo los beneficios de forma equitativa entre los diferentes grupos socioeconómicos, de sexo y entre las diferentes generaciones. Trata que las oportunidades para mantener la oferta ambiental no disminuyan para las generaciones futuras (McCormick, 1999). El concepto de desarrollo sostenible es por lo tanto complejo y ha evolucionado desde las primeras formulaciones de la idea para incluir paulatinamente nuevos grupos sociales y nuevas demandas ambientales. Si se examina en detalle este concepto, resulta obvio que si por desarrollo entendemos la acepción del término que lo define como crecimiento, no es posible mantener un desarrollo sostenible cuando los recursos naturales son limitados. Es decir, no se puede crecer de forma indefinida en un mundo que es finito.

El principal problema ecológico es precisamente el crecimiento de la población humana (Ehrlich y Ehrlich, 1993) que ha aumentado exponencialmente durante las últimas décadas (Fig. 1). En los próximos 50 años se espera un aumento de la población mundial hasta 9.000 millones de personas. Esta explosión demográfica ha creado enormes presiones sobre los recursos, pero afortunadamente en todos los países, y Colombia no es una excepción, se detectan síntomas de descenso en la tasa de natalidad, especialmente desde 1970 (Fig. 2), lo que unido a una buena gestión de recursos, permitirá en un futuro estabilizar la población y encontrar ese difícil equilibrio entre demanda y disponibilidad de recursos.

Una obvia justificación para la plantación de árboles a gran escala es la capacidad que tienen algunas especies para producir madera y otros productos (bellotas, piñones, cortezas, etc.) a mayor velocidad que los bosques. Entre los recursos más demandados por nuestra ávida sociedad está la madera, un claro ejemplo de recurso que si bien es

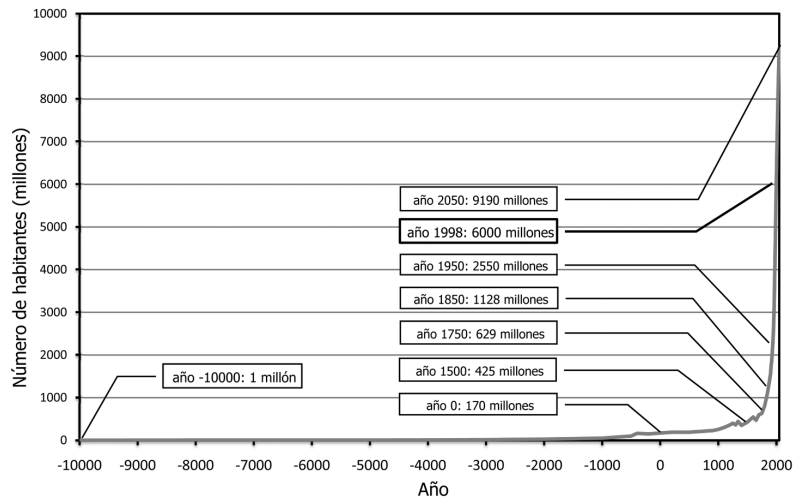


Figura 1. Crecimiento de la población mundial desde el año -10000 hasta el año 2050. El crecimiento exponencial que se observa es el principal escollo para alcanzar el equilibrio entre demanda y producción de recursos renovables, y por lo tanto conseguir un desarrollo sostenible. Fuente: elaborado a partir de datos del U.S. Bureau of the Census.

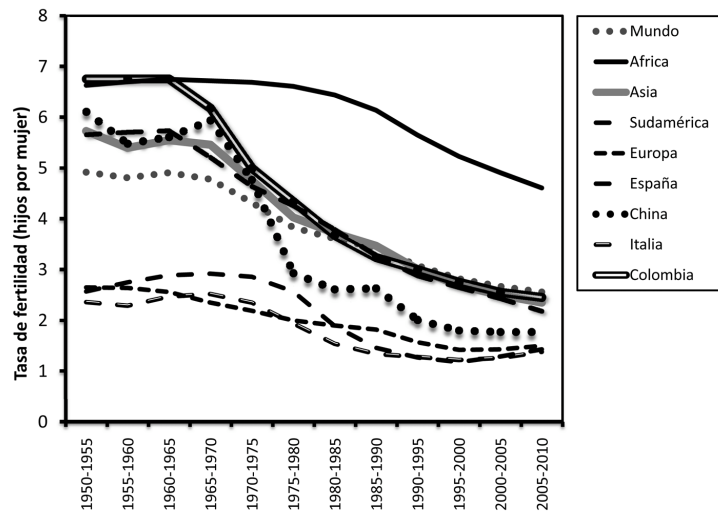


Figura 2. Tendencias en la natalidad de diferentes regiones del planeta. Nótese que la reducción de la natalidad es generalizada. Se muestran además los datos para Colombia, y como comparación los dos países europeos donde la natalidad ha descendido más rápidamente (Italia y España) y el único país donde ha habido medidas coercitivas por parte del estado para reducir la natalidad (China). Fuente: elaborado a partir de datos de la División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU.

renovable, su agotamiento es evidente en muchas zonas del planeta (Williams, 2006). El consumo mundial de madera representa unos 3.500 millones de m³ de madera en rollo, lo que implica que se haya multiplicado por seis la tasa de consumo desde 1950 (Fig. 3).

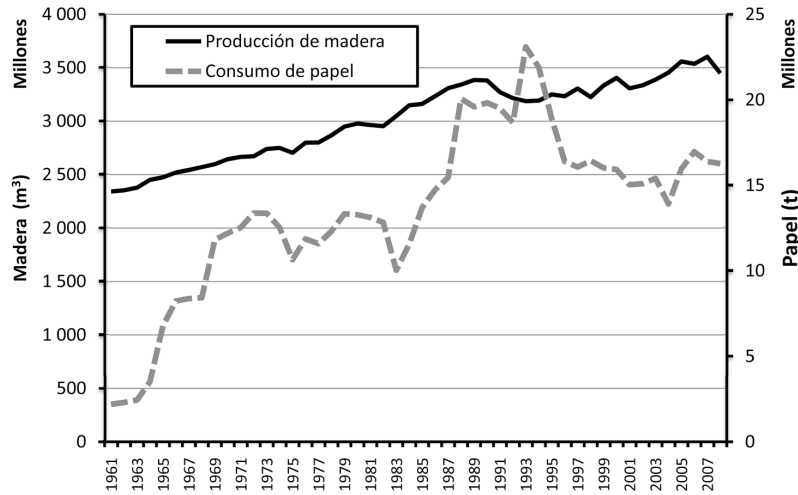


Figura 3. Producción anual de madera (m³) y consumo de papel (tn) a nivel mundial. Fuente: elaborado a partir de estadísticas de la FAO.

Para responder a esta demanda se gestionan millones de hectáreas de bosques y plantaciones forestales, que son taladas periódicamente y determinan efectos drásticos en ecosistemas forestales, biodiversidad asociada, y servicios que dichos ecosistemas proporcionan a la sociedad. Las plantaciones forestales cubren ya 141 millones de hectáreas, y 271 millones si se consideran las zonas plantadas en bosques seminaturales (FAO, 2009). Sin embargo, las plantaciones productivas no son “bosques plantados”, un oxímoron acuñado por la FAO en connivencia con empresas forestales que pretenden hacer pasar por bosque toda superficie no urbana o agrícola plantada con árboles (Cuadro 1). De hecho, de las estadísticas de la FAO se puede deducir que la pérdida de bosques se contrarresta, por ejemplo, con la plantación de árboles exóticos a gran escala, lo que hace que al final la superficie de “bosque” no haya cambiado. En el último informe sobre bosques del mundo, la FAO afirma sin pudor que “La plantación de árboles a gran escala está reduciendo notablemente la pérdida neta de área de bosque a nivel mundial” (FAO, 2010). No obstante, en el mismo informe se reconoce que 7% de la superficie de “bosque” es en realidad “bosque plantado”, y 25% de estos “bosques” están compuestos por especies exóticas. A nivel mundial, la situación más alarmante es en América Latina, donde más de 95% de los árboles que se plantan son exóticos (FAO, 2010), y por lo tanto no pueden nunca formar bosques. Pero ¿es posible intercambiar un bosque por una superficie equivalente de las monótonas plantaciones de árboles exóticos? ¿No hay diferencias entre ambos tipos de ecosistemas?

LAS PLANTACIONES FORESTALES NO SON BOSQUES (PERO ALGUNAS PODRÍAN LLEGAR A SERLO)

Un bosque no es meramente un conjunto de árboles sino que es un ecosistema fruto de la coevolución de miles de años entre plantas leñosas que han sido capaces de colonizar el territorio y que dominan el paisaje, otras plantas que se han adaptado a vivir en el ambiente forestal, animales que dependen de todas esas plantas y organismos

Cuadro 1

La arbitraria definición de bosque por la FAO. Nótese que no se hace ninguna referencia a si los árboles son autóctonos o exóticos, y que se excluyen las plantaciones de árboles para fruta, como los olivares (nota 6), cuya gestión intensiva es tan agrícola como lo puede ser la gestión de un eucaliptal para producción de papel, que sí se considera bosque en esta definición (nota 5).

Bosque: la tierra que abarca más de 0,5 hectáreas, con cubierta de árboles cuya altura es superior a 5 m y con una cubierta de copas del 10%, o árboles capaces de alcanzar estos límites mínimos *in situ*. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano. (FAO, 2010)

Notas explicativas:

1. Los bosques se caracterizan tanto por la presencia de árboles, como por la ausencia de otros usos predominantes de la tierra. Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 5 m *in situ*. Áreas que se encuentran sujetas a la reforestación y que aún deben alcanzar una densidad de copa del 10% o una altura de 5 m, que ocupan áreas temporáneamente desprovistas de existencias debido a la intervención humana o a causas naturales, las cuales se espera se regeneren.
2. Incluye las áreas cubiertas de bambú y palmas, siempre que estas alcancen el límite mínimo establecido en cuanto a altura y cubierta de copas.
3. El término incluye las carreteras situadas en bosques, cinturas antiincendios y otras áreas abiertas poco extensas, bosques en los parques nacionales, reservas naturales y otras áreas protegidas tales como las que revisten interés específico, científico, histórico, cultural o espiritual.
4. Incluye cortinas rompevientos, barreras protectoras y corredores de árboles con un área superior a 0,5 ha y más de 20 m de ancho.
5. Incluye las plantaciones utilizadas fundamentalmente para fines forestales o de protección, tales como las plantaciones de caucho para madera y las formaciones de alcornoque.
6. Excluye las formaciones de árboles en los sistemas de producción agrícola, por ejemplo en las plantaciones frutales y sistemas agroforestales. El término también excluye los árboles en los parques y jardines urbanos.

Fuente: FAO <http://www.fao.org/forestry/fra/2005/terms/es/>

descomponedores y detritívoros, que reciclan y mineralizan la materia orgánica. Es decir, un bosque es un sistema ecológico tridimensional que aunque esté dominado por árboles y otra vegetación leñosa, es mucho más que una masa de árboles o una comunidad de plantas leñosas y herbáceas (Barnes *et al.*, 1998; Fig. 4A).

Es evidente que un conjunto de árboles no constituyen un bosque, especialmente si se trata de árboles plantados para obtener rápidamente madera, frutos u otros productos. Ese tipo de cultivo es una plantación agrícola o forestal, que se parece a un bosque únicamente por ser un terreno cubierto de árboles. Ciertamente, algunas plantaciones se asemejan a un bosque más que otras, no solo desde el punto de vista paisajístico, sino también desde el punto de vista de su funcionamiento ecológico, pero cuando los árboles que se eligen para la plantación son exóticos, la falta de interacciones entre los organismos que las componen hacen que estas plantaciones nunca puedan llegar a constituir un bosque (como veremos más adelante).

En este artículo no se critica la plantación de árboles, ni siquiera si son exóticos. La crítica se dirige a la pretensión de que plantando árboles exóticos estamos construyendo bosques, algo que no tiene ninguna justificación científica. Es evidente que se puede reconocer un continuo entre las plantaciones monoespecíficas de árboles exóticos y plantaciones realizadas con varias especies de árboles autóctonos, que podrían llegar a convertirse en bosques (Evans, 2009). Los mayores problemas de las plantaciones de especies exóticas se derivan en muchos casos de la gestión tan intensiva a que se les so-

mete, más que de la especie utilizada, excepto en aquellos casos en donde se manifiesta comportamiento invasor, como ocurre con los eucaliptos en el norte de España. Las plantaciones forestales son más productivas que los bosques desde el punto de vista del volumen de madera que se puede obtener de ellas, y si se gestionasen bien, podrían disminuir la presión sobre los bosques (Paquette y Messier, 2010). Sin embargo, no pueden proporcionar muchos de los servicios que los bosques sí proporcionan, especialmente cuando se trata de plantaciones monoespecíficas constituidas por masas coetáneas de especies exóticas que son gestionadas de forma intensiva (Fig. 4B).

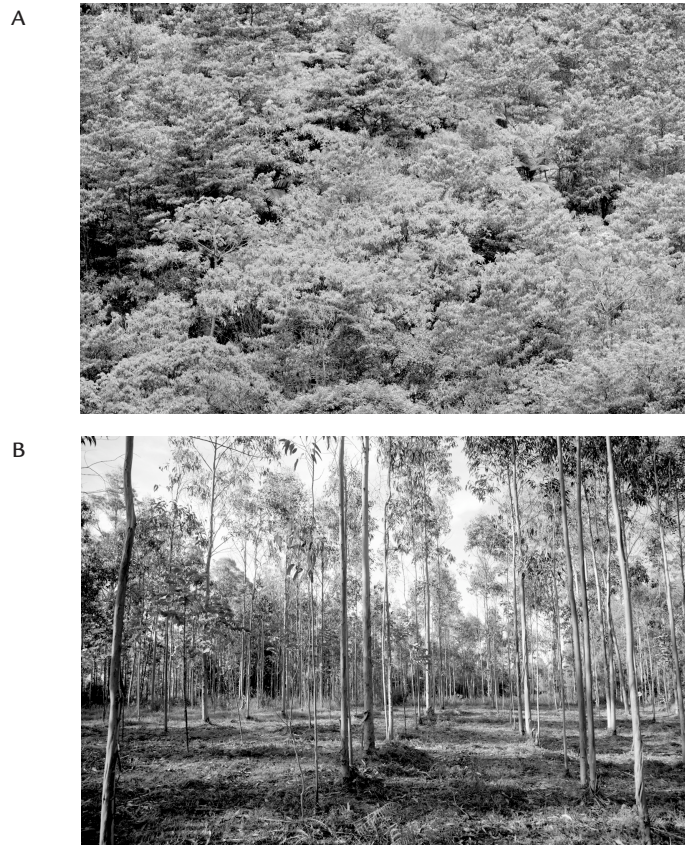


Figura 4. Las diferencias estructurales entre un bosque (A) y una plantación (B) son evidentes en estas imágenes. Estas diferencias se trasladan al funcionamiento energético y a la capacidad de proporcionar servicios ecosistémicos, por lo que ambos tipos de ecosistemas no pueden ser considerados bajo el mismo epígrafe. (A) Bosque en la afueras de Medellín (Colombia). (B) Plantación de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) en Galicia (España).

EL BOSQUE COMO ECOSISTEMA MULTIFUNCIONAL

Los bosques han proporcionado a lo largo de la historia gran variedad de recursos (Williams, 2006), entre los que obviamente sobresale la madera, utilizada para construcción, combustible y más recientemente para la fabricación de papel, cartón, y pane-

les. Este tipo de recursos es lo que en economía se conoce como “valores de uso directo” (Fig. 5), fácilmente valorables por poder aplicarles un precio de mercado. No obstante, los bosques no solo proporcionan beneficios directos, sino también indirectos, y valores de “no-uso”. La tabla 1 resume los principales beneficios proporcionados por los bosques, separando los que tienen mercado y los que no lo tienen. Es relativamente fácil estimar los beneficios directos que los bosques proporcionan a la sociedad, pero es mucho más difícil establecer un precio para los beneficios que no tienen mercado (¿cómo valorar esa sensación de paz que nos invade al pasear por un bosque?).

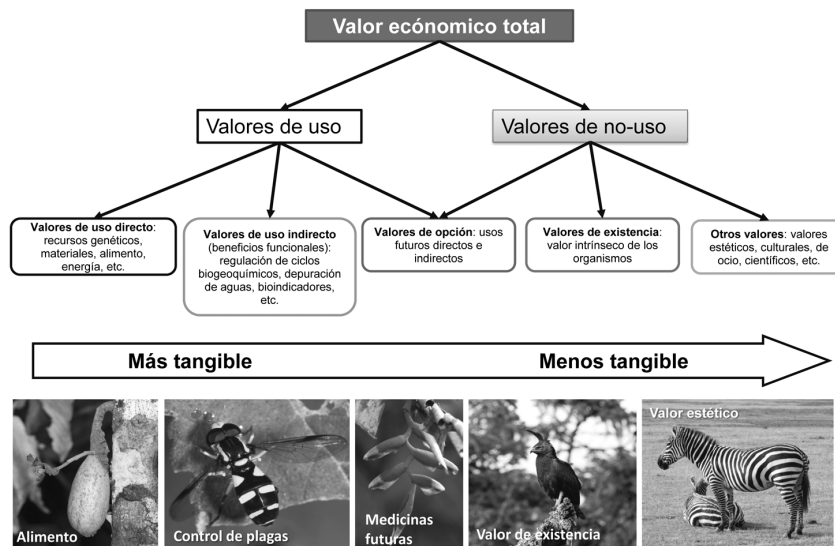


Figura 5. Valor económico de la biodiversidad. Cuando los recursos tienen mercado (uso directo) es fácilmente estimable, mientras que a la derecha en las categorías presentadas en la figura el valor es menos tangible y más difícilmente valorable económicamente. Fuente: modificado a partir de Pearce y Moran, 1998.

Cuando los bosques se sustituyen por plantaciones, muchos de los beneficios mencionados en la tabla 1 disminuyen notoriamente, o incluso desaparecen. Por ejemplo, un estudio realizado en Chile mostró que la sustitución de bosque nativo por plantaciones de árboles exóticos disminuyó el rendimiento hídrico de la cuenca entre 50-60% (Oyarzún *et al.*, 2005). Un tipo de bosque especialmente importante es el ripícola, que no solo proporciona estabilidad a los márgenes de ríos frente a la erosión, sino que además sirve de filtro, eliminando del agua subterránea una parte muy importante de los contaminantes añadidos a las tierras agrícolas y evitando que éstos pasen al agua de los ríos (Lowrance, 1998). También es evidente el beneficio que los bosques pueden proporcionar frente a las catástrofes, especialmente por su capacidad para reducir la fuerza de los vientos (Kimmins, 1997), o incluso frenar maremotos, como sucedió en el tsunami del 26 de diciembre de 2004 en el sudeste asiático (Danielsen *et al.*, 2005). De hecho, se sabe que uno de los factores que contribuyeron a las recientes inundaciones ocurridas en Haití, fue la falta de protección natural, resultado de la deforestación:

la falta de árboles y raíces, que hubieran detenido las corrientes de agua, permitió que el agua arrastrase la tierra y todo lo que encontró a su paso.

Con mercado	Sin mercado
Madera (construcción, fibras, papel, combustible, etc.)	Balance CO ₂ -O ₂
Alimento (miel, frutos, setas, peces, caza)	Regulación del clima
Productos químicos (resinas, fármacos, aceites, etc.)	Depuración de aguas
Animales y plantas de compañía	Protección frente a catástrofes
Captura y almacenamiento de carbono	Control de la erosión y regulación del ciclo hidrológico
	Reciclaje de elementos biogeoquímicos
	Recreación-turismo
	Biodiversidad (Reserva genética)
	Valor cultural y hábitat para culturas humanas

Tabla 1. Beneficios proporcionados por los bosques (véase también Bauhus *et al.*, 2010).

LA DESTRUCCIÓN DE LOS BOSQUES

En el espacio de 10.000 años (500 generaciones) los humanos hemos modificado la cubierta vegetal del mundo de una forma solo un poco menos catastrófica y generalizada que los 100.000 años de la última glaciación (Williams, 2006). Este efecto se muestra dramáticamente en el consumo mundial de madera, que sigue una clara tendencia ascendente, a pesar de que el consumo de papel ha disminuido en algunos periodos (Fig. 3), quizás por el incremento en el uso de los documentos electrónicos.

La tasa de pérdida de bosques tropicales rondó 0,9% anual en los diez países con mayor superficie de bosque tropical a finales del siglo XX, y fue de 0,68% en Colombia (Meffe y Carroll, 1997), pero puede llegar a ser tan alta como 5-6% anual en algunas regiones de América Latina (Newton *et al.*, 2009). La destrucción de bosque tropical ha sido precedida por una destrucción masiva de los bosques templados en Europa y Norteamérica, que ocurrió en época histórica, pero que sigue su curso actualmente. Los pastizales que cubren inmensas extensiones al este y sur de Cartagena (Colombia) fueron producidos por actividades de los indios hasta el siglo XVI y por los descendientes de los europeos a partir del siglo XVIII (Williams, 2006).

En general se observa una transición hacia la recuperación de los bosques una vez que los países se enriquecen, y los trabajadores de las áreas rurales empiezan a migrar hacia las ciudades, dejando tierras marginales abandonadas. Rudel *et al.*, 2005, denominan a este tipo de transición forestal “el camino de desarrollo económico”. Por el contrario “el camino de la escasez de bosques” tiene lugar si los bosques se regeneran (a veces por plantación) cuando los productos forestales escasean y su precio se incrementa. Lamentablemente, en los análisis de Rudel *et al.*, 2005, no se distingue entre bosques y plantaciones, por lo que algunas de las transiciones identificadas son en realidad falsas: el incremento en la superficie cubierta por árboles en un determinado país a veces se debe a plantaciones industriales intensivas, y no a la regeneración de los bosques. Este es el caso de la “transición forestal” del noroeste de España a finales del siglo XX, donde

63% de la superficie está ocupada por una especie exótica invasora, *Eucalyptus globulus*, y un pino introducido (*Pinus pinaster*) mientras que los bosques apenas se han recuperado (Guitián Rivera y Cordero Rivera, 2007).

Es evidente que la pérdida de hábitat tiene como consecuencia directa la extinción local de numerosas especies, pero el cambio en la composición de los bosques también afectará a su capacidad para proporcionar los bienes y servicios mencionados en la tabla 1. Bunker *et al.*, 2005, muestran cómo el carbono almacenado varía más de 600% en diferentes escenarios de extinción, mediante simulaciones en una parcela de 50 ha de un bosque tropical de Panamá que contiene 227 especies de árboles. Esto implica que esta capacidad (algo de suma importancia en la lucha contra el calentamiento global) es fuertemente dependiente de la composición futura de especies. Si se extinguen algunas especies, existen altas probabilidades de que disminuya la captura y secuestro de carbono. Por lo tanto, la pérdida de bosques no solo tiene como consecuencia la desaparición de los recursos de uso directo, sino que los ecosistemas que sustituyen a los bosques, difícilmente proporcionan sus funciones ecosistémicas y beneficios asociados. Es por ello que los costes para substituir dichas funciones ecosistémicas por actividades humanas que la sociedad del futuro tendrá que asumir podrían llegar a ser prohibitivos.

LOS EFECTOS DE LA SILVICULTURA INTENSIVA

Nuestra dependencia actual de los recursos y beneficios proporcionados por los bosques es muy poco probable que cambie en el futuro: necesitaremos bosques que proporcionen agua, regulen ríos y purifiquen el aire y que nos suministren madera para materiales y construcción, para papel, energía y todas las funciones reconocidas en la evaluación de los Ecosistemas del Milenio para los bosques. Por ello, una solución evidente es plantar árboles, es decir, intentar que algunas de nuestras demandas sean satisfechas por las plantaciones forestales en mayor medida (Paquette y Messier, 2010), dejando parte de los bosques para proporcionar los beneficios funcionales. La FAO estima que la superficie de plantaciones forestales (que como hemos dicho es una categoría de lo que denomina “bosques plantados”) se incrementará en todos los continentes hasta 2030, con excepción de África, pasando de 271 millones de hectáreas de 2005 a casi 350 millones (FAO, 2009). Como para la FAO una hectárea de bosque es equivalente a una hectárea de plantación, sus informes hablan de que la superficie de bosques se mantiene o aumenta en algunas regiones. De la misma manera, el gobierno de Galicia (noroeste de España) utiliza los incrementos en las superficies de plantaciones de eucaliptos, para concluir que el bosque está incrementándose en dicha región (Consellería de Medio Ambiente, 2001), cuando en realidad está en franco retroceso, con excepción de las áreas de montaña menos accesibles (Guitián Rivera y Cordero Rivera, 2007). Por ejemplo en el parque natural de las Fragas del Eume (Galicia), el mejor representante del bosque costero en la región, los bosques perdieron 20% de su superficie entre 1957 y 2003, siendo sustituidos por plantaciones de eucaliptos, que incrementaron su superficie 197% en el mismo periodo (Teixido *et al.*, 2010). Sin embargo, para la FAO y el gobierno de Galicia ¡no ha habido pérdida de bosques! Veamos entonces las diferencias entre bosques y plantaciones, para que no nos confundan las mentiras de la FAO, y otros organismos.

Un bosque, como todos los ecosistemas terrestres, funciona gracias a dos subsistemas de procesado de energía y reciclaje de materia (Fig. 6A). La energía solar es captada por

las plantas y transformada en biomasa. Este es el inicio del subsistema de los apacentadores. Parte de esa biomasa (en promedio 5% en los bosques; Kimmins, 1997) es utilizada por los herbívoros, cuya producción secundaria permitirá el establecimiento de varios niveles tróficos de carnívoros. La biodiversidad del bosque depende en primer lugar de estas relaciones energéticas entre los diferentes niveles tróficos. Por otro lado, cuando los organismos mueren o se desprenden de parte de su cuerpo (hojas, flores, cortezas, raíces, plumas, pelo, etc.), toda esa materia orgánica, ahora muerta, se descompone mediante la acción de microorganismos (hongos y bacterias fundamentalmente). La descomposición de materia orgánica, siguiendo reacciones químicas inversas a la fotosíntesis, proporciona la energía vital para un nuevo subsistema, el de los descomponedores, en donde el primer nivel de consumidores está constituido por microorganismos y detritívoros. Parte de la biomasa de estos organismos también será utilizada por los carnívoros, generando la oportunidad de incrementar diversidad biológica. La muerte y descomposición de estos organismos cerrará el ciclo de los materiales, de tal manera que la materia orgánica mineralizada podrá ser utilizada de nuevo por las plantas para, junto con la energía solar y el agua, formar nueva biomasa (Fig. 6A). Toda la producción de recursos y, los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques dependen de la cantidad de energía solar fijada por las plantas y del uso que de esa energía hagan los demás organismos, siendo los herbívoros un eslabón limitante para el mantenimiento de la biodiversidad forestal, puesto que si no hay herbívoros, no hay carnívoros.

El funcionamiento de una plantación forestal es similar a grandes rasgos, pero existen notables diferencias, sobre todo si se trata de una plantación de árboles exóticos. En la figura 6B se presenta la modificación del funcionamiento del ecosistema, basado en una plantación de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) en el norte de España, donde estos árboles son exóticos (y, dicho sea de paso, invasores). Este eucalipto es altamente eficiente en la producción de biomasa, pero sus hojas están tan protegidas químicamente que apenas hay insectos herbívoros en una plantación de estos árboles. Esto rompe la transferencia de energía hacia niveles tróficos superiores, lo que determina un empobrecimiento del sistema. Los pocos organismos que son capaces de alimentarse de *E. globulus* en Europa son especies de insectos australianas, introducidas con los intercambios comerciales de madera, y que se han convertido en plagas en las plantaciones (Cordero Rivera *et al.*, 1999). Por otro lado, la producción de hojarasca por parte de eucaliptales se concentra en las épocas estivales, a diferencia de los bosques caducifolios que pierden las hojas en otoño. Estas hojas son también difícilmente aprovechables por los descomponedores, lo que provoca cambios profundos en el funcionamiento de este subsistema. De hecho, estudios realizados en plantaciones de eucaliptos de España y Portugal demuestran el empobrecimiento de las cadenas tróficas de descomponedores acuáticos, cuando las hojas caen en los ríos (Graça *et al.*, 2002). Las plantaciones de eucaliptos también han determinado una reducción drástica del hábitat de anfibios en el parque nacional de las islas Atlánticas de Galicia (España), y algunas especies ya se han extinguido (Cordero Rivera *et al.*, 2007).

Si las especies utilizadas en las plantaciones son nativas de la zona, los efectos negativos esperados sobre el funcionamiento del ecosistema son menores, por lo que siempre es preferible plantar árboles nativos (Montagnini, 2005). Aún así, las plantaciones tienen efectos

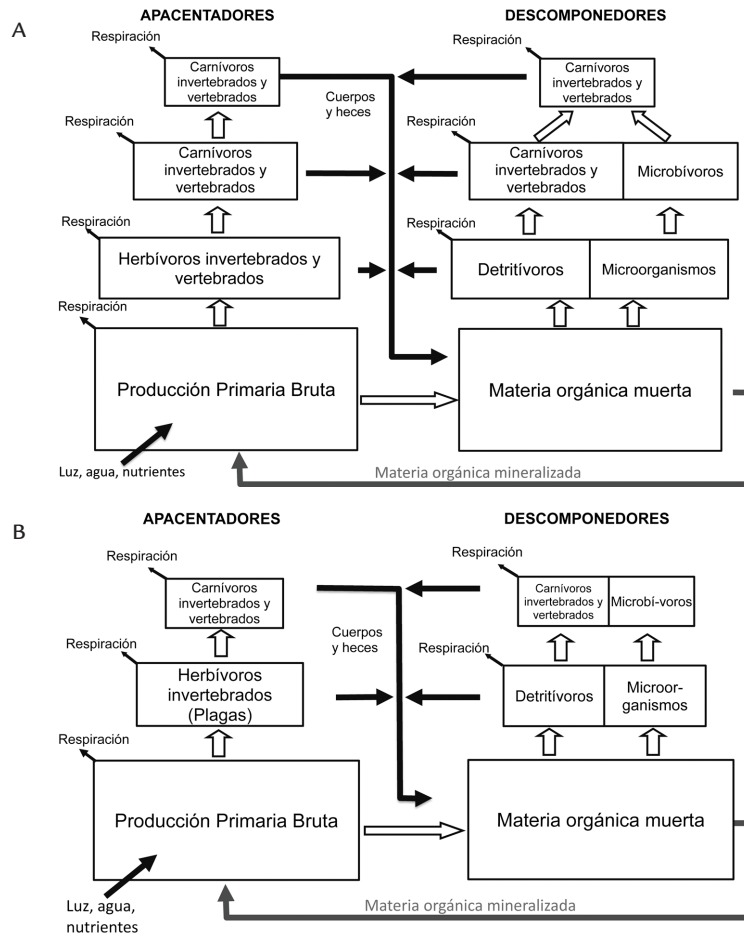


Figura 6. (A) Esquema del funcionamiento energético y del reciclado de nutrientes en un bosque. Existen dos subsistemas basados en la energía solar (apacentadores) y la materia orgánica muerta (descomponedores). La cantidad de energía procesada por las plantas y utilizada por los herbívoros limita el número de niveles tróficos de carnívoros de la misma manera que la energía procedente de la descomposición de la materia orgánica. En un bosque la mayor parte de la energía se procesa por el subsistema de los descomponedores, pero una fracción significativa (alrededor del 5%) se usa por los herbívoros. (B) Cambios en el funcionamiento energético cuando el bosque es sustituido por una plantación de especies exóticas no palatables, en este caso *Eucalyptus globulus* en el norte de España. El subsistema de los apacentadores desaparece al no existir herbívoros nativos capaces de alimentarse de las hojas, estando constituido por especies de plagas introducidas, y el subsistema de los descomponedores se ve radicalmente modificado debido a la composición química de la hojarasca, que también afecta a los descomponedores.

importantes sobre la estructura del sistema, como menor número de especies de árboles, uniformidad en las edades, ausencia de madera muerta y árboles viejos, erosión del suelo, etc. que generalmente está asociado a las operaciones silvícolas realizadas. De hecho las plantaciones de eucaliptos tienen menos especies que los bosques de dichas especies, incluso en Australia, donde los eucaliptos son nativos (Cunningham *et al.*, 2005).

Otros efectos notables de las plantaciones de árboles de crecimiento rápido son los cambios en la disponibilidad de agua, con efectos drásticos sobre las comunidades de campesinos, que pierden un recurso crucial para su subsistencia. En Galicia (noroeste de España) la política forestal de la dictadura del general Franco (1939-1975) determinó la plantación masiva de pinos y eucaliptos en montes de propiedad comunal, que fueron literalmente usurpados por el Estado, mediante contratos (“consorcios”) impuestos por la fuerza en muchas zonas (de hecho hubo incluso muertos en los enfrentamientos que surgieron con los propietarios legítimos de los terrenos). Los campesinos perdieron su medio de vida y se produjo una emigración masiva de gallegos hacia muchos países de América, incluyendo Colombia, especialmente en la década de 1950. A los gallegos se nos tildó incluso de “racistas vegetales” por la oposición a las plantaciones, por parte de técnicos ignorantes de la estructura social de los terrenos que usurparon para sus plantaciones (Rico Boquete, 1995). Estos fueron los efectos sociales más terribles de una política forestal que resultó desastrosa para la región (Rico Boquete, 1995). Paradójicamente en otras zonas de España los árboles plantados durante la dictadura franquista fueron autóctonos, siguiendo el plan para la repoblación española de 1939, y sus efectos ambientales y sociales (reducción del desempleo rural) fueron en general positivos. Así Ortuño, 1990, calcula que 84% de los 2'910.000 ha de plantaciones fueron realizadas con especies autóctonas climáticas o paraclimáticas. Los pinos autóctonos se utilizaron en muchas otras zonas de España y en muchos casos han permitido regenerar la cubierta forestal perdida hace siglos (Gil Sánchez, 2008). Sin embargo en el NO de España se plantaron casi exclusivamente especies exóticas, eucaliptos y *Pinus pinaster*, que, paradójicamente, llegó a denominarse “pino gallego” a pesar de que no habita de forma natural en dicha región. La plantación de especies exóticas genera problemas en muchas zonas del mundo. Tanto es así que los campesinos de Tailandia afirman “El eucalipto es como el Estado. Chupa y se lleva todo para él” (Martínez Alier, 2005).

Desgraciadamente muchos forestales ven el eucalipto y otros árboles de rápido crecimiento como la solución universal a los problemas de escasez de madera, de tal manera que ignoran y minimizan sus efectos ambientales y sociales negativos. No existen árboles malvados, porque esa es una cualidad exclusivamente humana. Pero es lamentable que organismos como la FAO se preocupen por elaborar libros de “apoyo incondicional” a las plantaciones de eucaliptos, loando las ventajas de estos árboles, pero minimizando sus efectos negativos, por lo que dichos libros se convierten en instrumentos de propaganda en lugar de ser informes técnicos (FAO, 1990). La ligereza con que se trata el efecto de las plantaciones de eucalipto sobre la fauna silvestre es aleccionadora de las intenciones que buscaban los autores del texto. Se afirma en letra a doble tamaño y en un recuadro que la plantación de eucaliptos (*Eucalyptus tereticornis*) en la reserva de Rannibennur en Karnataka (India), establecida para proteger al ciervo negro (*Antelope cervicapra*), ha determinado un incremento en la presencia de animales silvestres, incluido el ciervo negro, la gran avutarda india (*Choriotis nigriceps*) y el lobo (*Canis lupus*) (FAO, 1990, p. 18). Ciertamente es que el ciervo negro aumentó desde casi cero en 1958 a unos 1.000 ejemplares en 1974, pero cuando los eucaliptos sobrepasaron a la vegetación natural y se plantaron con dichos árboles las áreas abiertas que restaban, áreas que las tres especies necesitan, todas declinaron nuevamente, hasta el punto de que S.G. Neginhal, conser-

vador de la reserva, predijo en 1981 que el santuario del ciervo negro no tendrá dicha especie en el futuro (Anónimo, 1981). Actualmente la avutarda está casi extinguida en la reserva (quedan 2-3 individuos según el plan integral de conservación de las *Avutardas indias*). Es decir, los eucaliptos no solo no ayudaron a proteger las especies que se pretendía proteger con ellos sino que fueron el determinante de la desaparición de su hábitat. Bastaban unos conocimientos ecológicos básicos para predecir el resultado. La publicación de la FAO, 1990, resalta el aumento de las especies cuando se empezaron a plantar los eucaliptos, pero oculta su desaparición paulatina a medida que los eucaliptos crecieron, algo que ya era conocido en 1981.

En la misma publicación de la FAO, 1990, p. 9, se minimizan los efectos del eucalipto sobre el agua en el suelo, y para ello se hace referencia a un estudio en India, con eucaliptos de “hasta un año de edad”: ¡Ciertamente arbolillos de un año son muy representativos de la generalidad de las plantaciones de eucaliptos! A pesar de la minimización de los efectos de las plantaciones sobre los recursos hídricos por parte de los técnicos de la FAO, los estudios realizados a lo largo de los últimos 50 años dan toda la razón a los campesinos de Tailandia. El análisis comparativo de más de 600 observaciones y modelado climático y económico, indican que los principales efectos de estas plantaciones son pérdidas sustanciales en el flujo de los arroyos (en promedio 52% anual, y 13% de los arroyos se secaron completamente por al menos un año), y un incremento en la salinización y acidificación del suelo (Jackson *et al.*, 2005). Conviene aquí salir al paso de otras labores propagandísticas del “lobby” papelerero, que recientemente ha publicado un informe (Lima, 2010) donde se afirma que el eucalipto no consume más agua que otras especies por unidad de biomasa producida. Esto es cierto, pero oculta la realidad: como los eucaliptos crecen mucho más rápido, aunque consuman la misma cantidad de agua por cada m³ de madera producida, consumen mucha más agua que otra especie que crezca más lentamente. Es decir, en un ejercicio de cuidada redacción se usan estrategias para ocultar al lector la verdad: que cada hectárea plantada con árboles de crecimiento rápido consume anualmente muchísima más agua que la misma superficie plantada con árboles de crecimiento lento. Véase el detallado análisis sobre esta obra en Carrere 2010. Estos efectos contrarrestan los posibles efectos positivos de las plantaciones de eucaliptos y pinos en el secuestro de carbono. También sobre este aspecto las investigaciones han demostrado que los bosques, especialmente con árboles longevos, son mucho más eficientes que las plantaciones de especies de rápido crecimiento en el secuestro de carbono (Luyssaert *et al.*, 2008), aunque el crecimiento secundario de bosques en áreas previamente deforestadas es un sumidero significativo de Carbono (Rudel *et al.*, 2005). Un aspecto crucial, que normalmente no se tiene en cuenta cuando se evalúa la capacidad de las plantaciones de especies pirófitas, como eucaliptos y pinos, en el secuestro de carbono, es que los incendios liberan inmediatamente el carbono acumulado durante años, y los incendios son mucho más probables cuanto mayor superficie de especies pirófitas se planten (Gutián Rivera y Cordero Rivera, 2007).

Desde el punto de vista de otros servicios ecosistémicos, las plantaciones gestionadas para optimizar la producción de madera, normalmente llevan aparejados efectos colaterales sobre el suelo, como compactación del terreno, incremento en la erosión por el uso de maquinaria pesada (Fig. 7), aterrazamientos, desecación de zonas húmedas, o

eliminación de vegetación de ribera. No obstante si la gestión es buena, no es probable que se detecten descensos en la productividad a largo plazo (Powers, 1999), lo que convierte a las plantaciones en una buena alternativa a los bosques para la producción de madera (Paquette y Messier, 2010).



Figura 7. Erosión del suelo en una plantación de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) en el norte de España, debido al uso de maquinaria para la instalación de los árboles.

En conclusión, las plantaciones forestales de especies exóticas de rápido crecimiento determinan cambios profundos en el funcionamiento del ecosistema, y no pueden de ninguna manera sustituir a los bosques. No se pretende en este artículo demonizar las plantaciones, sino dejar claro que no siempre la plantación de árboles es positiva para la conservación de biodiversidad, o es social o ecológicamente sustentable. El uso del oxímoron “bosques plantados” debe erradicarse de la literatura técnica para dichas plantaciones. Se podría admitir esa acepción solo para plantaciones de árboles autóctonos diseñadas para restaurar bosques perdidos, pero lamentablemente esas plantaciones son muy raras en el mundo. Precisamente ese hecho, el uso de especies autóctonas o exóticas, establece una línea neta divisoria entre lo que podría llegar a ser un bosque (plantaciones de especies autóctonas) y lo que no (especies exóticas). Una revisión reciente de los efectos de las plantaciones forestales sobre biodiversidad indica que en paisajes forestales, las plantaciones podrían servir como una matriz de bajo contraste, permitiendo movimientos de especies más fácilmente que los ecosistemas agrícolas (Brockerhoff *et al.*, 2008). Sin embargo eso no las convierte en bosques, y deben seguir llamándose “plantaciones”.

LA CERTIFICACIÓN FORESTAL Y LA GESTIÓN DE LOS BOSQUES Y PLANTACIONES

La presión social en muchos países ha llevado a empresas forestales a adoptar los llamados sistemas de certificación forestal sostenible, que pretenden asegurar al consumidor que la madera se obtiene mediante procedimientos de gestión económicamente viables, socialmente aceptables y ambientalmente sostenibles. La certificación forestal podría contribuir a la conservación de biodiversidad (Brown *et al.*, 2001), porque a las compa-

ñías que solicitan la certificación a menudo se les requiere que aumenten la protección de ecosistemas representativos en sus parcelas (38% de los certificados), o el manejo de especies raras y amenazadas (37%; Gullison, 2003). Sin embargo dichos sistemas son fácilmente controlados por la industria, de tal manera que el fraude es aparentemente ubicuo y generalizado, y no garantizan que detrás del sello certificador se haya desarrollado una verdadera gestión sostenible. Los dos sistemas de certificación más difundidos son el PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*), una iniciativa surgida en Europa de la mano de la industria forestal (y por ello denominada inicialmente *Pan-European Forest Certification*), con más de 200 millones de hectáreas certificadas en el mundo, y el FSC (*Forest Stewardship Council*) con un poco más de 100 millones (FAO, 2009). El sistema PEFC es preponderante en Europa y Norteamérica y el FSC en los trópicos. Muchas plantaciones de eucalipto fuera de Australia, que como hemos visto generan impactos notables en biodiversidad y suelo, son certificadas rutinariamente por ambos sellos internacionales. Por ejemplo, el sistema FSC incluye entre sus principios sobre impacto ambiental “Toda gestión forestal deberá conservar la diversidad biológica y sus valores asociados, los recursos de agua, los suelos y los ecosistemas frágiles y únicos, además de los paisajes. Al realizar estos objetivos, las funciones ecológicas y la integridad del monte podrán ser mantenidas” (Grupo de Trabajo Español para la Certificación FSC, 2006, principio 6). A pesar de que el principio es claro y de que es termodinámicamente imposible que las plantaciones de eucalipto mantengan biodiversidad en aquellos lugares donde no existen herbívoros capaces de aprovechar las hojas de eucalipto, estas plantaciones se certifican con el sello FSC, bien por la ignorancia ecológica de los certificadores, bien por fraude. Por ejemplo, FSC España ha certificado en 2010 casi 3.700 ha pertenecientes a la empresa Norte Forestal (Grupo ENCE) en España, de las cuales 2800 ha son de *Eucalyptus globulus*, 172 ha de *E. nitens*, 8 ha de eucaliptos no especificados y 125 ha de *Pinus radiata* (Bureau Veritas, 2010). Es decir, 84% de la superficie certificada es de especies exóticas de rápido crecimiento, que de ninguna manera contribuyen a conservar biodiversidad o paisaje, y por lo tanto incumplen manifiestamente el principio 6 de FSC. De hecho en el informe público de certificación se menciona la asombrosa cifra de ¡dos especies de aves de interés especial que viven en las 3700 ha, siendo ambas especies ubicuas en la región! Ejemplos similares a éste se podrían citar para el sello FSC en otros países o para el sello PEFC. Este último sello es totalmente dependiente de las empresas forestales, que controlan todo el proceso de certificación, incumpliendo el requisito de la certificación por terceros. De hecho, PEFC España está constituido por administraciones públicas y asociaciones de empresas y profesionales forestales, no existiendo, en octubre de 2010, ningún grupo ambiental o social que apoye dicho sello. Ello no impide que el sistema se autopresente como “una entidad sin ánimo de lucro, equilibrada en su constitución...”.

Lamentablemente la ética preponderante en nuestra sociedad no premia la honestidad en las empresas. Cualquier empresa forestal dispuesta a pagar el coste de la certificación obtiene el certificado independientemente de su gestión: el negocio de las certificadoras depende de ello. Los directivos de la gran mayoría de empresas (no solo forestales) son competitivos, ambiciosos y codiciosos, porque creen que ésta es la mejor manera de sobrevivir. Ahora bien, por medio de propaganda se esconden detrás de una máscara, fingiendo parecer lo que no son para gozar de una buena reputación social, aunque la

imagen que proyecten sea una farsa (Vilaseca, 2010). Lo importante es que la sociedad esté informada y no se deje engañar. La conclusión, lamentable, es que no podemos fiarnos de los sellos que certifican la gestión forestal sostenible, porque en demasiados casos son un fraude. Solo el conocimiento permitirá identificar aquellas empresas realmente comprometidas social y ambientalmente. Es por ello que en estos momentos se hace necesario un sello certificador que sea independiente e incorruptible. Es imprescindible que la certificación se realice por terceros bajo una mayor base científica que respalde los criterios ambientales y sociales.

LA SOLUCIÓN: SILVICULTURA ECOLÓGICA

La silvicultura ecológica es una aproximación a las interacciones humanas con el bosque que sitúa la protección del ecosistema forestal por delante del uso de los productos forestales por parte del hombre, basándose en la responsabilidad ecológica y el uso equilibrado de recursos (Hammond, 1997). Los montes bien gestionados son cruciales para conseguir una producción sostenida de bienes y servicios forestales (Cordero Rivera, 2009). Para conseguir este objetivo es preciso imitar las pautas de perturbación naturales anteriores a las grandes modificaciones de los paisajes provocadas por la actividad humana. Ello significa que se debe actuar con precaución en todas las actividades que modifiquen los bosques, respetando los límites que el sistema posee ante las perturbaciones. Se debe proteger y restaurar la biodiversidad, manteniendo la composición y estructura del bosque, y la conectividad de los ecosistemas en el espacio y en el tiempo. Es imprescindible diversificar las actividades para promover bienestar ecológico, social y económico, respetando en todo momento las necesidades de los pueblos que dependen de los bosques (Hammond, 1997).

La profesión forestal ha desarrollado numerosas técnicas que permiten compatibilizar el uso de los recursos forestales con la conservación del ecosistema, y, en especial de la biodiversidad, de la que dependen los servicios ecosistémicos (Hunter, 1990; 1999). Entre las líneas maestras de gestión forestal sostenible podemos mencionar (Cordero Rivera, 2009):

1. Mantenimiento de la estructura por edades y de los procesos sucesionales. Existen numerosas especies que dependen de la presencia de árboles viejos para su persistencia en el paisaje. Mecanismos de cortas secuenciales o por franjas permiten mantener zonas con árboles viejos incluso en áreas explotadas.
2. Potenciación de la heterogeneidad espacial. Una de las diferencias más notorias entre bosques y plantaciones es el uso de una o muy pocas especies en las plantaciones, lo que disminuye la diversidad del nivel trófico de los productores, y hace a todo el sistema más sensible frente a las perturbaciones (Fig. 8). Para evitar este problema se deben hacer plantaciones con el mayor número posible de especies nativas y llevar a cabo las cortas en áreas pequeñas muy frecuentemente y en áreas grandes muy raramente, imitando las pautas espaciales de las perturbaciones naturales. Las plantaciones con especies exóticas deben restringirse a zonas gestionadas para producción intensiva.
3. Mantenimiento de los ecotonos. Cuando dos ecosistemas se intergradan, de tal forma que parte de las especies características de uno de ellos se incorporan al borde del otro ecosistema (y viceversa) se dice que se produce un ecotono. En los ecotonos aumenta la biodiversidad por la presencia de especies de dos comunidades, y por



Figura 8. A diferencia de los bosques, donde la diversidad de árboles actúa como un seguro frente a las perturbaciones, las plantaciones monoespecíficas son extremadamente sensibles a los ataques de plagas o condiciones climáticas extremas, como esta plantación de eucaliptos (*E. globulus*) en el norte de Portugal, afectada por el frío invernal.

las especies exclusivas de los bordes de ecosistemas, que son aquellas que requieren recursos de los dos sistemas para completar su ciclo biológico. En condiciones naturales los ecotonos de mayor interés forestal son los que se dan entre bosques y praderas, por condiciones de altitud o por características especiales del suelo. En paisajes altamente humanizados, como en muchas regiones de Europa, los ecotonos se mantienen como pequeñas manchas entre los sistemas agrícolas y forestales. La gestión de las plantaciones debe favorecer la presencia de ecotonos, evitando los bordes abruptos (Fig. 9).



Figura 9. Paisaje de norte de España (Lugo), mostrando plantaciones de pinos y eucaliptos en una matriz agrícola. Nótese los bordes abruptos entre ecosistemas, con ausencia de ecotonos, lo que afecta negativamente a la capacidad del paisaje para mantener la biodiversidad.

4. Limitación de la fragmentación de los sistemas forestales. Aunque la presencia de dos ecosistemas en contacto aumenta la diversidad, no es menos cierto que cuanto menor sea la superficie de los bosques, menos especies pueden vivir en ellos. Por ello, la fragmentación de los bosques puede tener un efecto directo muy negativo sobre la diversidad biológica (Bruna, 1999; Farhig, 2003), y sobre la capacidad de los bosques y plantaciones para proporcionar servicios ecosistémicos. Las plantaciones no deben realizarse en áreas cubiertas por bosques, pues eso aumenta la fragmentación (Fig. 10). Las áreas previamente dedicadas a la agricultura o la ganadería pueden convertirse en plantaciones y con ello contribuir a disminuir la fragmentación, siempre que esas plantaciones se diseñen para parecerse lo más posible a bosques de la zona.



Figura 10. Fragmento de bosque caducifolio completamente rodeado por una plantación de pinos. La fragmentación de los bosques disminuye la capacidad de los fragmentos para mantener la biodiversidad, especialmente en las manchas de bosque tan pequeñas como la que se presenta en la imagen (Cervantes, Lugo, España).

5. Conservación de bosques ripícolas. Como ya se ha mencionado, los bosques de galería son ecosistemas de importancia crucial para el funcionamiento de los ríos. Son el aporte de materia orgánica muerta para el subsistema de descomponedores del río (hojarasca), de tal manera que todo el funcionamiento energético del río depende de dichos aportes. Es por ello crucial que los bosques ripícolas se mantengan íntegros. En estas zonas la conservación de los servicios ecosistémicos está por encima de cualquier explotación maderera, aunque solo sea porque así se disminuye el riesgo de desprendimientos de tierra. Las plantaciones nunca deben invadir el bosque ripícola. La distancia de seguridad es variable dependiendo del tipo de río y del tipo de matriz que rodea al bosque ripícola, habiéndose mencionado que debe tener al menos 60 m de ancho (Rodewald y Bakermans, 2006).
6. Presencia de árboles moribundos y de madera muerta. De manera natural en los bosques se hallan en promedio 60-80 m³/ha de madera muerta y árboles moribundos en diferentes estados de degradación (Vallauri *et al.*, 2005). Esta madera es crucial para mantener en el sistema toda una serie de especies de microorganismos y animales

detritívoros, muchos de los cuales son especies en peligro de extinción. Sin embargo, existe la creencia entre muchos profesionales forestales, de que la madera muerta es fuente de plagas, y que por lo tanto tiene que ser eliminada. En términos generales esto es completamente falso, porque los organismos saproxílicos se alimentan precisamente de madera muerta, y no atacan árboles vivos (Vallauri *et al.*, 2005). En consecuencia las plantaciones ecológicas deben imitar a los bosques y mantener un porcentaje significativo de árboles viejos y madera muerta. Esto puede conseguirse mediante el establecimiento de reservas en el interior de las plantaciones, donde los árboles no se cortarán nunca. Pueden para ello elegirse los rodales de más baja productividad, con lo cual se disminuyen los efectos negativos (económicos) de la medida.

CONCLUSIÓN

Los efectos de las políticas forestales sobre las poblaciones rurales, tanto en Europa (Rico Boquete, 1995) como en Latinoamérica han generado conflictos sociales, como los problemas relacionados con disponibilidad hídrica o tierras para la ganadería. También han provocado efectos sobre la biodiversidad, particularmente cuando se han plantado grandes extensiones con masas coetáneas de especies exóticas. No obstante, las plantaciones pueden ser mejoradas mediante la incorporación de diversos criterios sobre la selección de especies y tratamientos aplicados a la estructura de las masas, por lo que es urgente que la clase política tome conciencia de que en sus manos está evitar la corrupción que se observa en los sistemas de certificación forestal y garantizar que los bosques –y las plantaciones bien gestionadas– sigan proporcionando los múltiples servicios que la sociedad demanda de estos ecosistemas. La tasa de deforestación sigue siendo muy elevada. Las plantaciones forestales pueden diseñarse de acuerdo con conocimientos ecológicos, disminuyendo su impacto y aumentando notablemente su contribución a la conservación de la biodiversidad (Powers, 1999; Brockerhoff *et al.*, 2008; Paquette y Messier, 2010). Ahora bien, como dijo Eduardo Galeano “Los bosques industriales se parecen a los bosques naturales tanto como la música militar se parece a la música, y tanto como la justicia militar se parece a la justicia”. Si diseñas una plantación forestal, utiliza especies nativas.

AGRACEDIMIENTOS

Parte de lo aquí expuesto está siendo investigado en el marco del proyecto “Integración ecológica e impactos de los eucaliptales”, financiado por la Xunta de Galicia (08MRU 024371PR). Quiero agradecer a la organización de la Cátedra de Sede José Celestino Mutis: “Biodiversidad en Colombia 2010: Amenazas, desafíos y acciones diversas” la oportunidad de visitar Colombia y compartir estas ideas con los estudiantes y colegas de la Universidad Nacional. Maruxa Álvarez leyó y comentó críticamente el artículo. Los revisores hicieron comentarios y sugerencias muy acertados. Muchísimas gracias.

BIBLIOGRAFÍA

ANÓNIMO. Briefly. *Oryx*.1981;(16): 18-26.

BARNES BV, ZAK DR, DENTON SR, SPURR SH. Forest Ecology. 4 ed. New York: John Wiley and Sons; 1998.

BAUHUS J, VAN DER MEER P, KANNINEN M. Ecosystem goods and services from plantation forests. London: Earthscan; 2010.

BROCKERHOFF E, JACTEL H, PARROTTA J, QUINE C, SAYER J. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodivers Conserv.* 2008;17: 925-951.

BROWN NR, NOSS RF, DIAMOND DD, MYERS MN. Conservation Biology and forest certification. Working together toward ecological sustainability. *J Forest.* 2001;99:18-25.

BRUNA EM. Seed germination in rainforest fragments. *Nature.* 1999;402:139.

BUNKER DE, DECLERCK F, BRADFORD JC, COLWELL RK, PERFECTO I, PHILLIPS OL, *et al.* Species loss and aboveground Carbon storage in a tropical forest. *Science.* 2005;310:1029-1031.

BUREAU VERITAS. Informe Público de Auditoría Inicial Norte Forestal S.A. Bureau Veritas Certification; 2010.

CARRERE R. Análisis crítico de “La silvicultura y el agua: ciencia, dogmas, desafíos” (Walter de Paula Lima, 2010). *Boletín Movimiento Mundial Bosques Tropicales;* 2010:159.

CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE. O Bosque Avanza. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia; 2001.

CORDERO RIVERA A. O monte como base para o desenvolvemento sustentábel. Propostas de silvicultura ecolóxica. En: Simón Fernández X y Copena Rodríguez D, editores. *Construíndo un Rural Agroecolóxico.* Vigo: Servizo de Publicacións, Universidade de Vigo; 2009. p. 31-49.

CORDERO RIVERA A, SANTOLAMAZZA CARBONE S, ANDRÉS JA. Life cycle and biological control of the Eucalyptus snout beetle (Coleoptera, Curculionidae) by *Anaphes nitens* (Hymenoptera, Mymaridae) in north-west Spain. *Agric For Entomol.* 1999;1:103-109.

CORDERO RIVERA A, VELO-ANTÓN G, GALÁN P. Ecology of amphibians in small coastal Holocene islands: local adaptations and the effect of exotic tree plantations. *Munibe.* 2007;25:94-103.

CUNNINGHAM SA, FLOYD RB y WEIR TA. Do Eucalyptus plantations host an insect community similar to remnant Eucalyptus forest? *Austral Ecol.* 2005;30:103-117.

DANIELSEN F, SORENSEN MK, OLWIG MF, SELVAM V, PARISH F, BURGESS ND, *et al.* The Asian Tsunami: a protective role for coastal vegetation. *Science.* 2005;310: 643.

EHRlich PR, EHRlich AH. La Explosión Demográfica. El principal problema ecológico. Barcelona: Salvat; 1993.

EVANS, J. (Ed). *Planted forests.* Roma: Cab International and FAO; 2009.

FAO. El dilema del eucalipto. Roma: FAO; 1990.

FAO. Situación de los bosques del mundo. Roma: FAO; 2009.

FAO. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Roma: FAO; 2010.

FAHRIG L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu Rev Ecol Syst.* 2003;34:487-515.

GIL SÁNCHEZ L. Pinares y rodenciales. La diversidad que no se ve. Madrid: Real Academia de Ingeniería; 2008.

GRAÇA MAS, POZO J, CANHOTO C, ELOSEGUI A. Effects of Eucalyptus plantations on detritus, decomposers, and detritivores in streams. *ScientificWorldJournal* 2002;2:1173-1185.

GRUPO DE TRABAJO ESPAÑOL PARA LA CERTIFICACIÓN FSC. Estándares españoles de gestión forestal para la certificación FSC. Madrid: FSC; 2006.

GUIZIÁN RIVERA L, CORDERO RIVERA A. Bosques e plantaciones forestais. En: Cordero Rivera A, editor. A Coruña: Hércules de Ediciones; 2007. p. 430-467.

GULLISON RE. Does Forest Certification Conserve Biodiversity? *Oryx* 2003;37: 153-165.

HAMMOND H. What is ecoforestry? *Global Biodiv.* 1997;(7):3-7.

HUNTER ML. Wildlife, Forests, and Forestry. Principles of Managing Forests for Biological Diversity. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall; 1990.

HUNTER ML. Maintaining Biodiversity in Forests Ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press; 1999.

JACKSON RB, JOBBAGY EG, AVISSAR R, ROY SB, BARRETT DJ, COOK CW, *et al.* Trading water for Carbon with biological Carbon sequestration. *Science.* 2005;310:1944-1947.

KIMMINS JP. Forest Ecology. 2 ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.; 1997.

LIMA WdP. A Silvicultura e a Água. Ciência, Dogmas, Desafios. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica; 2010.

LOWRANCE R. Riparian forest ecosystems as filters for nonpoint-source pollution. En: Pace ML y Groffman PM, editores. Successes, Limitations and Frontiers in Ecosystem Science. Berlin: Springer; 1998. p. 113-141.

LUYSSAERT S, SCHULZE E-D, BORNER A, KNOHL A, HESSENMOLLER D, LAW BE, *et al.* Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature.* 2008;455:213-215.

MARTÍNEZ ALIER J. El Ecologismo de los Pobres. Barcelona: Icaria; 2005.

MCCORMICK FJ. Principles of ecosystem management and sustainable development. En: Peine JD, editor. Ecosystem Management for Sustainability. Boca Raton: Lewis Publishers; 1999. p. 3-21.

MEFFE GK, CARROLL CR. Principles of Conservation Biology. 2 ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates; 1997.

MONTAGNINI F. Selecting tree species for plantation. En: Mansourian S, Vallauri D y Dudley N, editores. Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees. New York: Springer; 2005. p. 262-268.

NEWTON AC, CAYUELA L, ECHEVERRÍA C, ARMESTO JJ, DEL CASTILLO RF, ORTUÑO MEDINA F. El plan para la repoblación forestal de España del año 1939. Análisis y comentarios. *Ecología.* 1990;1:373-392.

OYARZÚN CE, NAHUELHUAL L, NÚÑEZ D. Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica. *Ambiente y Desarrollo.* 2005;20-21:88-95.

PAQUETTE A, MESSIER C. The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. *Front Ecol Environ.* 2010;8: 27-34.

PEARCE D, MORAN D. The economics of biological diversity conservation. En: Fiedler PL y Kareiva M, editores. Conservation Biology for the Coming Decade. New York: Chapman and Hall; 1998. p. 384-409.

POWERS RF. On the sustainable productivity of planted forests. *New Forests*. 1999;17: 263-306.

RICO BOQUETE E. Política Forestal e Repoboacións en Galicia. 1941-1971. Santiago de Compostela: Servicio de Publicacións e Intercambio Científico. Universidade de Santiago de Compostela; 1995.

RODEWALD AD, BAKERMANS MH. What is the appropriate paradigm for riparian forest conservation? *Biol Conserv* .2006;128:193-200.

RUDEL TK, COOMES OT, MORAN E, ACHARD F, ANGELSEN A, XU J, *et al*. Forest transitions: towards a global understanding of land use change. *Global Environ Change*. 2005;(15):23-31.

TEIXIDO AL, QUINTANILLA LG, CARREÑO F, GUTIÉRREZ D. Impacts of changes in land use and fragmentation patterns on Atlantic coastal forests in northern Spain. *J Environ Manage*. 2010;91:879-886.

VALLAURI D, ANDRÉ J, DODELIN B, EYNARD-MACHET R, RAMBAUD D. *Bois Mort Et à Cavités*. Paris: Lavoisier; 2005.

VILASECA B. ¿Es rentable ser ético? *El País* 2010;14/02/2010.

WILLIAMS M. *Deforesting the Earth: From Prehistory to Global Crisis, an Abridgment*. Chicago: Univesity of Chicago Press; 2006.