

INVESTIGACION *y* CIENCIA

EROSION Y FORMACION DE LAS MONTAÑAS

ORIGEN DEL HOMBRE MODERNO

REVOLUCION EN LA QUIMICA DE FARMACOS

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**



00249

HISTORIA DE LA FOTOGRAFIA

JUNIO 1997
800 PTAS.

4



La controvertida gestión de la pluviselva tropical

Richard E. Rice, Raymond E. Gullison y John W. Reid

Para preservar las magníficas y valiosas pluviselvas de nuestro planeta, muchos expertos han adoptado como remedio gestor el criterio de la viabilidad, mediante la sustitución de los árboles recolectados con nuevos plantones de la misma especie. Los autores explican por qué esta estrategia aparentemente lógica suele fracasar.

12



Los agujeros negros y la paradoja de la información

Leonard Susskind

Si un libro desaparece en un agujero negro, ¿se destruye su información?

Stephen W. Hawking ha argumentado que sí, pero esta respuesta choca con los principios de conservación y la teoría cuántica. Como telón de fondo, se trata de la posible fusión de la mecánica cuántica y la teoría de la gravitación en una teoría cuántica de la gravedad basada en la teoría de cuerdas.

20



De Africa ¿una... y otra vez?

Ian Tattersall

La historia de la evolución humana parecía bastante simple: después de haber evolucionado en Africa, una intrépida especie de homínido emigró hacia el Viejo Mundo y dio lugar a la gente actual. Pero el análisis detenido de los registros arqueológico y paleontológico de numerosas excavaciones sugiere que los seres humanos emigraron de Africa varias veces.

46



Química combinatoria y nuevos fármacos

Matthew J. Plunkett y Jonathan A. Ellman

Utilizando el poder creativo de la selección darwinista dentro de un tubo de ensayo, los químicos pueden ahora descubrir nuevos medicamentos, impensables de haberse limitado a los procedimientos habituales en la industria farmacéutica. El secreto se esconde en la química combinatoria, un proceso que les permite producir millones de moléculas candidatas de forma rápida y sistemática.

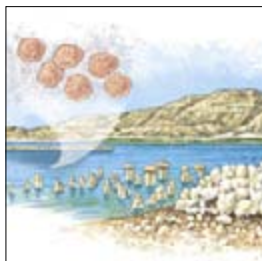
52



La erosión, constructora de montañas

Nicholas Pinter y Mark T. Brandon

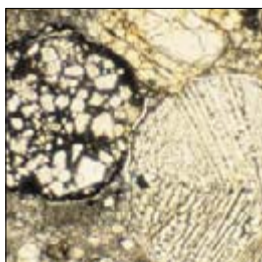
¿Qué clase de titánicas fuerzas requiere la formación de una montaña? En nuestra mente aparecen erupciones volcánicas y potentes colisiones entre placas tectónicas que levantan la tierra hacia el cielo. Paradójicamente, la génesis de las montañas depende en igual medida del poder más gradualmente destructivo del viento y el agua.

60**Extremófilos***Michael T. Madigan y Barry L. Mairs*

Los biólogos han descubierto un valioso zoo de microorganismos que medran en lugares infernalmente calurosos, fríos, ácidos, alcalinos o salobres. Estos extremófilos fabrican una serie de enzimas que les protegen de las lesiones que les pueden ocasionar las condiciones ambientales en las que viven, enzimas que han encontrado aplicación en un sinnúmero de procesos industriales.

68**La invención de la fotografía, recuperada***Jean-Louis Marignier y Michel Ellenberger*

Los historiadores de la fotografía hacen justicia a este inventor genial, pero valoran incorrectamente la originalidad de su aportación y subestiman las dificultades que hubo de afrontar. La reconstrucción experimental de los procedimientos de Niépce, fundada en la interpretación de sus cartas, pone de manifiesto el genio edisoniano del creador de la fotografía.

76**Actividad magmática en los asteroides***Ignacio Casanova y Jordi Llorca*

De las más de 10.000 toneladas de material extraterrestre que cae anualmente en nuestro planeta, sólo una fracción minúscula atraviesa la atmósfera sin reducirse a polvo: los meteoritos. Estos dan fe de episodios magmáticos ocurridos en los asteroides hace más de 4500 millones de años y aportan una valiosa información sobre el origen y evolución del sistema solar.

SECCIONES**3 HACE...****30 PERFILES****32****CIENCIA
Y SOCIEDAD**

Maduración de la uva.

87**JUEGOS
MATEMÁTICOS**

Un poco de oscuridad.

44 DE CERCA**90 LIBROS****84 TALLER Y LABORATORIO****96 IDEAS APLICADAS**



Portada: Jean-Louis Marignier

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Página	Fuente
4	Raymond E. Gullison
5	Michael M. Stewart (<i>arriba</i>); Robin B. Foster (<i>abajo</i>)
6-7	Jennifer C. Christiansen (<i>izquierda</i>); cortesía de Compton Tucker, NASA (<i>derecha</i>)
8	(<i>de arriba a abajo</i>) Michael Fogden; Norman Owen Tomalin (<i>segunda y tercera</i>); Joseph Van Wormer; Richard G. Fairbanks; Tui de Roy y D. Lyons
9	Jennifer C. Christiansen
12-13	Yan Nascimbene
14-15	Bryan Christie (<i>superior izquierda</i>); Yan Nascimbene
16-17	Bryan Christie
20-21	D. Finnin y J. Beckett, Museo Americano de Historia Natural
22	Robert Campbell, cortesía de Meave Leakey (<i>arriba</i>); Craig Chesek, Museo Americano de Historia Natural (<i>abajo</i>)
23	Willard Whitson (<i>arriba</i>); Don McGranaghan (<i>abajo</i>)
24	Cortesía de Russell Ciochon (<i>arriba</i>); Javier Trueba (<i>abajo</i>)
25	Cortesía de Russell Ciochon (<i>arriba izquierda</i>); de Eric Delson (<i>derecha</i>); Javier Trueba y Juan- Luis Arsuaga (<i>abajo izquierda</i>) y Laurie Grace (<i>derecha</i>)
26-27	Laurie Grace/Jana Brenning
46-47	Charles O'Rear
48-49	Jared Schneidman Design
50	Charles O'Rear (<i>arriba</i>); cortesía de W. Clark Still (<i>abajo</i>)
51	Cortesía de Peter G. Schultz
52-53	Richard Sisk, <i>Panoramic Images</i>
54	Proyecto Geosfera/Tom Van Sant (<i>arriba</i>); Laurie Grace (<i>abajo</i>)
55	Laurie Grace (<i>arriba</i>); Gerald French (<i>abajo</i>)
56	Clyde H. Smith
57	Galen Rowell
60-61	Roberto Osti
62	NASA (<i>izquierda</i>); Thomas D. Brock (<i>arriba y derecha</i>)
63	Michael Milstein (<i>izquierda</i>); cortesía de James T. Staley (<i>de arriba abajo</i>) Rod Catanach;
64	Woods Hole Oceanographic Institution; Karl O. Stetter
65	Jennifer C. Christiansen
68	Museo Niépce
69	Harry Ransom Center (<i>arriba</i>); PLS/Jean-Louis Marignier (<i>abajo</i>)
70-71	PLS/Jean-Louis Marignier
73	Col. Janine Niépce
74-75	PLS/Jean-Louis Marignier
77-83	Ignacio Casanova y Jordi Llorca
84	Patricia J. Wynne
85	Patricia J. Wynne; Johnny Johnson (<i>gráfica</i>)
87-89	Bryan Christie

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

Joandomènec Ros: *La controvertida gestión de la pluviselva tropical*; Juan Pedro Campos: *Los agujeros negros y la paradoja de la información*; Juan Luis Arsuaga: *De Africa ¿una... y otra vez?*; Jorge Gálvez y Ernesto Estrada: *Química combinatoria y nuevos fármacos*; Sònia Ambrós: *La erosión, constructora de montañas*; Jordi Barbé García: *Extremófilos*; Luis Bou: *La invención de la fotografía, recuperada y Juegos matemáticos*; Angel Garcimartín: *Perfiles*; J. Vilardell: *Hace..., Taller y laboratorio e Ideas aplicadas*

INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR GENERAL Francisco Gracia Guillén

EDICIONES José María Valderas, *director*

ADMINISTRACIÓN Pilar Bronchal, *directora*

PRODUCCIÓN M.^a Cruz Iglesias Capón

Bernat Peso Infante

Carmen Lebrón Pérez

SECRETARÍA Purificación Mayoral Martínez

EDITA Prensa Científica, S. A. Muntaner, 339 pral. 1.^a – 08021 Barcelona (España)

Teléfono (93) 414 33 44 Telefax (93) 414 54 13

SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR IN CHIEF John Rennie

BOARD OF EDITORS Michelle Press, *Managing Editor*; Philip M. Yam, *News Editor*;

Ricki L. Rusting y Timothy M. Beardsley, *Associate Editors*;

John Horgan, *Senior Writer*; Corey S. Powell, *Electronic Features Editor*;

W. Wayt Gibbs; Kristin Leutwyler; Madhusree Mukerjee; Sasha Nemecek;

David A. Schneider; Gary Stix; Paul Wallich; Glenn Zorpette;

Marguerite Holloway, *Contributing Editor*

PRODUCTION Richard Sasso

PUBLISHER Joachim P. Rosler

CHAIRMAN AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER John J. Hanley

SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona (España)
Teléfono (93) 414 33 44
Fax (93) 414 54 13

Precios de suscripción, en pesetas:

	Un año	Dos años
España	8.800	16.000
Extranjero	11.000	20.400

Ejemplares sueltos:

Ordinario: 800 pesetas
Extraordinario: 1.000 pesetas

—Todos los precios indicados incluyen el IVA, cuando es aplicable.

—En Canarias, Ceuta y Melilla los precios incluyen el transporte aéreo.

—El precio de los ejemplares atrasados es el mismo que el de los actuales.

DISTRIBUCION

para España:

MIDESA
Carretera de Irún, km. 13,350
(Variante de Fuencarral)
28049 Madrid Tel. (91) 662 10 00

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.^a – 08021 Barcelona
Teléfono (93) 414 33 44

PUBLICIDAD

GM Publicidad
Francisca Martínez Soriano
Menorca, 8, semisótano, centro, izquierda.
28009 Madrid
Tel. (91) 409 70 45 – Fax (91) 409 70 46

Cataluña y Baleares:

Miguel Munill
Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona
Tel. (93) 321 21 14
Fax (93) 414 54 13

Difusión controlada 

Copyright © 1997 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 1997 Prensa Científica S. A. Muntaner, 339 pral. 1.^a 08021 Barcelona (España)

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción en todo o en parte por ningún medio mecánico, fotográfico o electrónico, así como cualquier clase de copia, reproducción, registro o transmisión para uso público o privado, sin la previa autorización escrita del editor de la revista. El nombre y la marca comercial SCIENTIFIC AMERICAN, así como el logotipo correspondiente, son propiedad exclusiva de Scientific American, Inc., con cuya licencia se utilizan aquí.

ISSN 0210136X Dep. legal: B. 38.999 – 76

Filmación y fotocopios reproducidos por Dos Digital, Zamora, 46-48, 6ª planta, 3ª puerta - 08005 Barcelona
Imprime Rotocayfo, S.A. Ctra. de Caldes, km 3 - Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España

HACE...

...cincuenta años

UN COMPETIDOR DEL PLOMO. «Los plásticos le están comiendo el terreno al plomo en aplicaciones hasta ahora exclusivas de éste. En la industria química puede sustituirlo en los revestimientos de depósitos y en las conducciones y en la industria eléctrica en las vainas de cables conductores. Para las pinturas ya se están desarrollando pigmentos que sustituirán al tradicional albayalde. El vidrio y el caucho ofrecen muchas de las ventajas de la naturaleza inerte del plomo y ya se emplean para funciones para las que antes el plomo era el único material que se tenía en cuenta.»

NUEVO FUNGICIDA. «Se ha desarrollado un fungicida agrícola derivado del petróleo y el azufre. Se trata de un producto similar al látex que fija las sustancias químicas de tal modo que a éstas no las erosiona ni la lluvia ni el rocío y así aumenta al máximo sus efectos letales sobre plagas y enfermedades. Una vez rociado y seco, el producto forma una red microscópica que sólo puede eliminarse raspando, por descomposición del mismo producto o porque éste se dilate a causa del crecimiento.»

...cien años

LICUACIÓN DEL FLÚOR. «El eminente químico profesor James Dewar acaba de conseguir la licuación del gas flúor a una temperatura de -185°C . Obtuvo un movedizo líquido amarillo carente de actividad química. Desde su aislamiento por M. Moissan en 1887, el flúor ha despertado un gran interés. Pero frustraba todos los esfuerzos de los químicos para estudiarlo, ya que sus afinidades químicas eran tantas y tan acusadas, que, cuando se extraía de una combinación, al instante se combinaba con alguna otra sustancia con la que entrase en contacto. A causa de esta dificultad, se planteaba cierta incertidumbre acerca de su naturaleza elemental.»

EL CINAMOTÓGRAFO. «La popularidad del arte de la fotografía cinética, o cronofotografía, ha inducido la invención de numerosos aparatos. Una de las cámaras más recientes es la debida a los hermanos Lumière, de París. Entre sus características más importantes destaca un ingenioso dispositivo para generar un movimiento intermitente sin ruedas dentadas ni levas, mientras que por su luminosidad y facilidad de manejo puede emplearse en casi cualquier lugar. La misma cámara puede convertirse en un proyector que arroja imágenes móviles sobre una pantalla.»

CAZA DE BALENAS. «Dada la escasez de ballenas francas en las aguas septentrionales, Terranova está a punto de seguir el ejemplo de Noruega y hacer de yubartas y rorcuales, que se dice abundan en enorme cantidad en sus costas, el objeto de una persecución sistemática. El director de las pesquerías ha organizado una flota de pequeños vapores, con arpones y lanzas explosivas para llevar adelante su actividad. Si los balleneros de Terranova capturan muchos ejemplares, podría valer la pena tratar de comercializar la carne. Si pudieran vencerse

los prejuicios contra su consumo, no hay razones para que el "filete de ballena" no sea bien recibido.»

LANZADOR DE BÉISBOL MECÁNICO. «Presentamos algunas ilustraciones del nuevo rifle de pólvora para lanzar pelotas de béisbol que se probó en la cancha de Princeton los días 8, 9 y 10 de junio. Consiste en un cañón con un tubo arrollado en su torno que contiene un carga de pólvora, que una vez encendida proyecta sus gases tras la pelota y ésta sale despedida. Dos "uñas", dos placas de metal curvas y cubiertas de caucho, sobresalen de la pared del cañón y comunican a la pelota una velocidad de giro sobre sí misma, y es ese giro lo que hace curva la trayectoria de la pelota.»

...ciento cincuenta años

ASTROFOTOGRAFÍA. «La Real Sociedad de Bohemia ha ocupado últimamente su atención en la combinación del telescopio con la daguerrotipia. Afirma el profesor Christian Doppler que la gran sensibilidad del ojo humano se ve sobrepasada muchos miles de veces por una placa de yoduro de plata. El diámetro de una de las papilas de la retina es del orden de tres milésimas de milímetro, pero en una superficie de una placa de daguerrotipo igual a la de una papila de retina se encuentran más de 40.000 glóbulos de mercurio. Así, pueden obtenerse imágenes de las estrellas fijas más débiles.»

VELEROS A PRUEBA DE FUEGO. «Un caballero de Glasgow (Escocia) sugiere un método rápido para impedir que los veleros sean pasto de las llamas. Cada nave debe llevar como lastre una cantidad de yeso. Si se declara un incendio en la bodega, al verter ácido sulfúrico diluido sobre el yeso, se generaría tal cantidad de gas ácido carbónico [dióxido de carbono] que su efecto sería extinguir las llamas.»



Nuevo rifle de pólvora para lanzar pelotas de béisbol

La controvertida gestión de la pluviselva tropical

Lo que menos podría esperarse: las medidas acometidas para equilibrar la explotación sostenible no consiguen reconciliar la conservación de las especies con la explotación de maderas tropicales

Richard E. Rice, Raymond E. Gullison y John W. Reid

Para quienes hemos dedicado nuestra carrera al mantenimiento de la biodiversidad y del esplendor natural de los bosques del planeta, la incesante destrucción de la pluviselva tropical es un motivo de continua inquietud. En esos lugares de vida exuberante medran una flora y una fauna variopintas, que la ciencia apenas conoce en una pequeña fracción. Pese a ello, la deforestación tropical avanza inexorable y a una escala desmesurada. Mucho tiene en ello que ver la tala generalizada de maderas preciosas.

En su empeño por invertir esa fatídica tendencia, los conservacionistas se han guiado por la tesis aceptada de una explotación maderera reglamentada, una suerte de transacción entre la conservación absoluta y la tala libre. La gestión forestal es una estrategia atractiva porque, en teoría, armoniza los intereses económicos del sector con las exigencias de la conservación. En la práctica, la gestión viable requiere moderación en la tala de árboles y, a la vez, promover su sustitución mediante la plantación de pimpollos o la regeneración natural de las especies explotadas.

La mayoría de los conservacionistas ven en dicha fórmula una estrategia pragmática para los países que no pueden permitirse el lujo de prescindir del comercio con su riqueza maderera. También nosotros éramos partidarios de esa estrategia hasta hace

poco, cuando caímos en la cuenta de que la mayoría de los esfuerzos bienintencionados que en esta dirección efectuaban los partidarios de la conservación, los gestores forestales y los entes de cooperación internacional tenían unas menguadas probabilidades de éxito. Aunque desde entonces ha aumentado nuestra preocupación por la eficacia de la silvicultura viable, nuestra primera desilusión surgió hace siete años, de las experiencias que tuvimos cuando nos propusimos fomentar dichas prácticas en Sudamérica.

Un bosque desencantado

En 1990, la casualidad hizo que dos de nosotros, movidos por un interés común en la conservación de las pluviselvas amazónicas de Bolivia, nos conociéramos

en el bar del hotel El Dorado, en el centro de la ciudad de La Paz. Gullison acababa de llegar de la Universidad de Princeton para investigar la ecología del caobo (*Swietenia macrophylla*), la especie más apreciada de la América tropical. Rice estaba a punto de retornar a Washington, después de trabajar con la Institución Smithsonian en la Reserva de la Biosfera de Beni, situada junto al Bosque de Producción Maderera Permanente de Chimanes, una extensión de medio millón de hectáreas en las tierras bajas de Bolivia. A mediados de los años ochenta, la Organización Internacional de Maderero Tropical seleccionó el Bosque de Chimanes para convertirlo en modelo de una gestión viable. Compartíamos una misma voluntad de que el programa no quedara en agua de borrajas.

Aunque nuestra primera conversación junto a un par de cervezas fue breve, al final de la misma nos habíamos puesto de acuerdo en colaborar en el futuro. Al cabo de un año habíamos conseguido financiación para lo que acabó siendo un estudio de cuatro años. De entrada, Gullison se propuso establecer una gestión ecológica óptima de la explotación de caoba; Rice, por su parte, desarrollar un guión que convenciera a las compañías madereras de la conveniencia, desde el punto de vista económico, de adaptar sus



1. TRONCOS DE CAOBS CENTENARIOS preparados para su traslado a un aserradero boliviano. El maderero del caobo (*Swietenia macrophylla*), una de las maderas tropicales más valiosas (la caoba), se realiza en muchas partes de América Central y del Sur, en concreto en Guatemala, Belice, Bolivia, Perú y Brasil.

planes de actuación a los principios científicos.

Conforme transcurría el tiempo, Gullison y su equipo de campo boliviano avanzaban de manera resuelta en el conocimiento de la ecología del bosque. Comprobaron que los plantones de caobo sólo crecían y prosperaban después de grandes perturbaciones naturales. En la región de Chimanes, los caobos más jóvenes surgían únicamente cerca de ríos en los que las avenidas habían arrasado recientemente las orillas y habían enterrado la vegetación competitiva bajo una gruesa capa de sedimento. En el pasado, tales perturbaciones crearon gran número de áreas dispersas en las que podían crecer los plantones, hasta terminar formando grupos de árboles de edad y tamaño más o menos uniformes. Para el problema que se estaba considerando, este aspecto de la ecología del caobo resultaba alarmante: significaba que el maderero incontrolado arrasaría los bosques más viejos, en los que casi todos los árboles tendrían un tamaño comercial.

Estas preocupaciones se agudizaron al darnos cuenta de que apenas habría sustitución espontánea de los árboles talados, aunque los madereros respetaran el bosque. Los plantones de caobo (y los de algunas otras especies de árboles tropicales) no pueden crecer bajo el dosel umbrío de la selva tropical densa. Al ser improbable que la regeneración natural fuera suficiente, no quedaba más remedio que acudir a la repoblación dirigida para mantener el caobo de manera indefinida.

¿Cómo conseguir una ayuda para ello? En teoría, los madereros podrían crear las condiciones adecuadas, imitadas de las naturales y abriendo grandes claros en el bosque, para el crecimiento espontáneo de los caobos. Pero el esfuerzo sería enorme, y a juzgar por otros intentos de ese mismo tenor ya realizados con anterioridad en zonas distintas, se ne-

2. BOSQUES TALADOS; el nivel de perturbación que experimentan puede diferir de forma espectacular. Madereros que operaban siguiendo normativas estrictas talaron casi todos los árboles de esta localidad de la isla de Vancouver, Canadá (*arriba*), mientras que sus colegas del sudeste de Bolivia, que trabajan sin apenas supervisión gubernamental, derribaron únicamente la minúscula fracción de selva que contenía la madera comercialmente valiosa (*abajo*).



cesitarían costosas “entresacas” para eliminar la vegetación competidora. A la postre, ese empeño por mantener la explotación de caobo podría perturbar tanto el bosque, que los objetivos globales de conservación se verían comprometidos. O lo que es lo mismo, ganar la batalla del caobo supondría perder la guerra de la conservación de la biodiversidad. La percepción de esa aporía nos llevó a plantearnos qué era exactamente lo que buscábamos.

El dinero cuenta

Mientras Gullison descubría las dificultades que entrañaba la regeneración del caobo, Rice llegaba a una conclusión no menos desazonadora: no había incentivos económicos para que las compañías madereras que trabajaban en el Bosque de Chimanes invirtieran en la gestión viable. Conclusión desazonadora, aunque no sorprendente habida cuenta de las tendencias globales; a finales de los ochenta, la gestión viable de la explotación maderera no cubriría ni la octava parte del 1 por ciento de los bosques de producción tropicales.

La explotación forestal, tal como se practica en los trópicos, se dedica a una tala rápida de los árboles de mayor valor. El número de especies extraídas puede ser muy bajo, desde una sola (cuando se trata de madera noble, como la caoba), o de hasta 80 o 90 (donde existe demanda de una mayor variedad). Por lo general, las compañías madereras se preocupan poco por la condición de los bosques residuales y no invierten en la regeneración. Se trata de una forma de actuar basada en puras razones económicas. A la hora de decidir si limitan las talas, las empresas deben optar entre dos caminos: talar los árboles inmediatamente y poner los beneficios en circuitos de rendimiento financiero, o demorar la recolección

y permitir que el bosque crezca en volumen y valor con el tiempo. A lo que parece, es la economía lo que dicta la decisión.

Si elige la primera opción, la compañía maderera talará sus árboles con la mayor celeridad que pueda, invertirá las ganancias y obtendrá el rendimiento corriente, que puede medirse mediante tasas de interés real o ajustado por la inflación. Puesto que los riesgos son considerables y escaso el capital, las tasas de interés real en los países en vías de desarrollo suelen ser mucho mayores que en los países industriales. Por ceñirnos a Bolivia, en los últimos años las tasas de interés real en cuentas en dólares han sido en promedio del 17 por ciento, en comparación con el 4 por ciento en los Estados Unidos. Las tasas de interés altas son comunes en la mayoría de los países iberoamericanos. Por consiguiente, las compañías que recolectan rápidamente sus activos pueden invertir de inmediato sus beneficios y generar tasas elevadas y continuas de réditos.

Son pequeños, por contra, los beneficios que se obtienen con el retraso de la tala. De 1987 a 1994, el precio real de la caoba aumentó, en promedio, el 1 por ciento anual, mientras que el crecimiento anual promedio en volumen de los caobos de tamaño comercial no llega al 4 por ciento. Esta combinación de tasas de crecimiento lento y aumentos moderados de precio significa que los caobos (y con ellos la mayoría de las especies comerciales de los trópicos americanos) aumentan anualmente de valor, como máximo, en un 4 o 5 por ciento..., que viene a ser lo

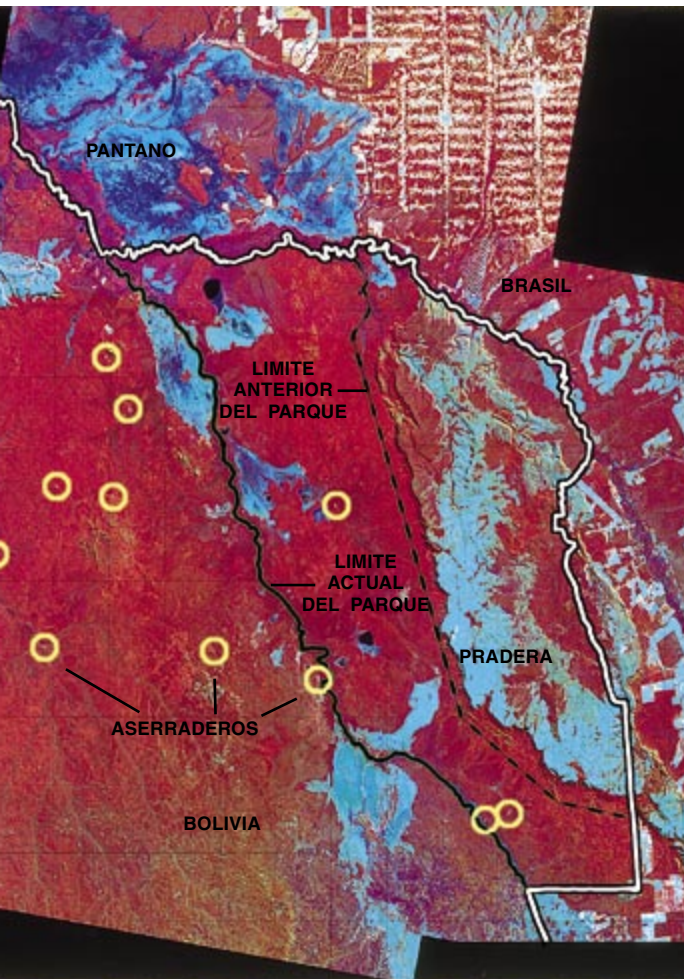


mismo que se ganaría con una inversión pacata en los Estados Unidos y mucho menos de lo que rinden los réditos competitivos en Bolivia.

Añádase a ello el riesgo que corre el valor de los árboles que se dejan crecer. Este se esfumaría si el viento, el fuego o las enfermedades destruyeran los troncos o si, en el futuro, el gobierno restringiera el madereo. Por tanto, la elección de dejar que el caobo crezca equivale a una inversión bastante insegura, una inversión que, todo lo más, proporcionaría un rendimiento igual al que se obtendría si se talaran los árboles y se colocaran los beneficios a buen recaudo en un banco. Como cualquier empresario, siempre renuente a efectuar inversiones arriesgadas en países en vías de desarrollo si no se le ofrecen atractivos rendimientos, los madereros prefieren talar sus árboles con la mayor rapidez posible.

Después de efectuar un análisis pormenorizado de la economía de la explotación forestal en la región de Chimanes, descubrimos que el madereo ilimitado es de dos a cinco veces más rentable que el madereo que asegure un suministro continuo de caoba. Así pues, desde una perspectiva puramente financiera, el enfoque más racional de la explotación forestal parece coincidir con el que siguen las compañías madereras: primero, recolectar todo el caobo disponible, prescindiendo de cualquier apuesta

RICHARD E. RICE, RAYMOND E. GULLISON y JOHN W. REID convergieron en el estudio de las dificultades que atraviesa el mantenimiento de la pluvielva desde orígenes muy dispares. Rice se licenció en ciencias económicas y se doctoró en recursos naturales por la Universidad de Michigan. Hoy dirige el programa de economía de recursos de Conservation International, una empresa de Washington, D.C. Después de graduarse en zoología por la Universidad de Columbia Británica, Gullison ahondó en ecología y biología evolutiva en Princeton, donde terminó su doctorado en 1995. Ahora enseña en el Colegio Imperial de Ciencia, Tecnología y Medicina de Londres. Reid se licenció en política fiscal en la Universidad de Harvard antes de incorporarse en 1994 a Conservation International. Allí su trabajo se centra en la economía de los recursos naturales y en la vertiente política de la conservación de los trópicos.



3. LA IMAGEN DESDE SATELITE (izquierda) de las selvas amazónicas (áreas rojas) muestra que la actividad maderera ha provocado una escasa agresión en el lado boliviano de la frontera. (En toda esta parte de Bolivia, incluido el parque nacional recientemente ampliado, ha habido explotación forestal.) Pero la amplia colonización y la agricultura de subsistencia cerca de las carreteras asfaltadas del lado brasileño han denudado la tierra de cubierta vegetal (áreas blancas), como lo han hecho los desbroces efectuados para la ganadería vacuna a gran escala. Otras áreas no forestadas (azul) incluyen pantanos y, a mayor altitud, praderas naturales.

esfuerzo en ayudar a la regeneración de las especies.

El valor de la viabilidad

Después de pasar algún tiempo en la región de Chimanes, decidimos investigar hasta qué punto la explotación maderera había perjudicado el entorno. No tardamos en descubrir que, aunque impiden la conservación del caobo, los efectos físicos de la tala sobre el bosque han sido en su conjunto bastante tolerables. En una parcela típica de 10 hectáreas sólo crecen uno o dos caobos; por tanto, la construcción de pistas, la tala y el acarreo de

Por eso mismo, cuando los ecologistas se ven obligados a elegir entre el madereo inviable, de bajo impacto, y el madereo viable, de impacto elevado, tendrán que asegurarse de que escogen la opción que mejor concuerda con sus propósitos conservacionistas. Si el mantenimiento de la biodiversidad reviste máxima prioridad (idea que compartimos), entonces una estrategia de bajo impacto, aunque sea inviable, puede constituir la elección preferible.

No obstante, la consecución de una viabilidad indefinida de la explotación maderera ha pasado a ocupar un puesto central en el debate sobre la conservación de la pluviselva. En su empeño conservacionista, los comprometidos con dicho ideario han propuesto varias estrategias para superar los obstáculos económicos con que se enfrenta una gestión forestal viable. Pero no distinguen, por lo general, entre el beneficio de madear los bosques existentes y el beneficio de apostar por su regeneración; en ausencia de un fuerte control gubernamental, ambos deben ser atractivos desde el punto de vista financiero, si queremos que tengan éxito.

Encontramos un ejemplo ilustrativo en el esfuerzo puesto en la promoción del empleo de especies arbóreas menos conocidas. Afirman ciertos defensores de la gestión viable que la creciente demanda de especies menos conocidas hará rentable mantener un bosque de producción que, sin ese destino, se convertiría en tierra arable o de pastos. Pero no hay nada (del tipo de un crecimiento más rápido o de una perspectiva de un precio mejor) que sugiera que las inversiones para regenerar dichas especies ofrecerán un atractivo mayor que las inversiones para regenerar las especies en explotación. La ampliación de mercados para las especies secundarias quizá no haga más que aumentar el número de árboles sometidos a sobreexplotación.

Puede esgrimirse un razonamiento similar con respecto a las transformaciones secundarias, o de valor

por recolecciones futuras; y luego, proseguir, de forma secuencial, con otras especies que rinden un beneficio neto positivo. A lo que parece, la mano invisible de Adam Smith se extiende hasta lo más recóndito de la pluviselva.

Los incentivos por los que se mueve la explotación maderera incontrolada resultan ser muy poderosos en los países en vías de desarrollo, donde la normativa gubernamental acostumbra ser harto atractiva. Continuando con el ejemplo de Bolivia, la autoridad forestal nacional recibe anualmente menos de 40 pesetas por cada hectárea de tierra que administra. (En comparación, el Servicio Forestal de los Estados Unidos obtiene unas 6000 pesetas por una extensión semejante.) Ante una satisfacción tan magra, la administración boliviana sufre presiones muy fuertes para reequilibrar los beneficios financieros que resultan de la tala general de sus maderas nobles. No debe sorprendernos, pues, que sean muy pocas las compañías dedicadas a la explotación comercializable que consagren un mínimo

los troncos no llega a perturbar el 5 por ciento del territorio. De acuerdo con nuestros datos, el daño infligido por la tala resulta mucho menor que el causado por ciertas formas de gestión viable (que requieren una recolección más intensa de una mayor variedad de especies). La verdad es que la aplicación de una estrategia más acorde con los principios de la viabilidad podría incluso duplicar el perjuicio causado por el madereo.

De hecho, la viabilidad constituye un mal indicador del daño ambiental infligido por las operaciones de madereo. Las talas que llamamos inviables (incapaces de mantener indefinidamente la explotación de la especie deseada) no tienen por qué ser muy perjudiciales, aunque sí lo sean en algunos bosques, en particular cuando alojan varias especies de interés comercial. El madereo viable tampoco garantiza de suyo que el coste ambiental sea mínimo. En teoría, las compañías deberían gestionar los bosques de suerte tal que fuera, a la vez, viable para la madera y respetuoso con el medio.

Vive la différence

¿Por qué hay que proteger las selvas tropicales? Ante todo, porque albergan la mayor parte de la biodiversidad del planeta, término que engloba la variedad de ecosistemas, especies y genes presentes. Se supone que hay decenas de millones de especies vivas, aunque sólo se han descrito entre 1,4 y 1,5 millones de ellas. La mitad de las especies identificadas hasta la fecha viven en las selvas tropicales, pero los biólogos sospechan que esta proporción podría llegar al 90 por ciento si acaso pudiera realizarse un censo completo.

Algunos ejemplos ayudan a situar la abundancia biológica de las selvas tropicales en su perspectiva adecuada. En un estudio, se encontró que una hectárea de pluviselva en Perú contenía 300 especies de árboles... casi la mitad del número de especies nativas de Norteamérica. En otro ensayo, los científicos contaron más de 1300 especies de mariposas y 600 especies de aves que vivían en un retazo de pluviselva peruana de cinco kilómetros cuadrados. (En todos los Estados Unidos no pasan de 400 las especies de mariposas y de 700 las especies de aves.) En la misma jungla peruana, el entomólogo Edward O. Wilson, de Harvard, descubrió 43 especies de hormigas en un mismo árbol, lo que, según señaló Wilson, es aproximadamente el mismo número de especies de hormigas que existen en todas las islas Británicas.

Tal diversidad de vida vegetal y animal reviste sumo interés para el hombre, ya que es esencial para crear alimentos, medicinas y materias primas. Las plantas silvestres, por ejemplo, contienen los recursos genéticos necesarios para producir cosechas que resistan las plagas y las enfermedades. Y alrededor de 120 medicamentos específicos proceden de 95 especies de plantas, 39 de las cuales crecen en selvas tropicales. Y más importante aún: los botánicos creen que de 35.000 a 70.000 especies de plantas (la mayoría obtenidas de selvas tropicales) proporcionan remedios tradicionales en todo el mundo. Si se hacen desaparecer los lugares donde viven, miles de medicamentos se perderán para siempre.

Un instrumento para proteger la biodiversidad es el Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES), el tratado de 1973 que libró a elefantes y gorilas de la extinción. Bolivia, que ocupa el segundo lugar después de Brasil en exportaciones de caoba, acaba de solicitar a los Estados Unidos que se sumen a la postura boliviana en pro de incluir el caobo (*Swietenia macrophylla*) en el acuerdo CITES. Se pretende añadir el caobo a la lista reseñada en el Apéndice 2 del tratado, cuyas exportaciones los países firmantes han de supervisar para asegurar que el comercio internacional no amenace a las especies. (El Apéndice 1 del tratado CITES incluye las especies en peligro real y prohíbe su exportación comercial.)

A la solicitud boliviana en demanda de protección para la caoba se han agregado entidades norteamericanas.

—R. E. R, R. E. G. y J. W. R.



añadido. Suele aducirse que dichas transformaciones (de los troncos en muebles o en madera contrachapada) tienen la ventaja doble de permitir el uso de una mayor variedad de especies y de proporcionar un incentivo económico más poderoso para gestionar los bosques de acuerdo con una estrategia de viabilidad. La verdad es que, en muchos países, la promoción de transformaciones de valor añadido ha reducido sus ganancias globales: se necesitan grandes subsidios para atraer las inversiones oportunas; además, la velocidad y la escala de la destrucción de los bosques aumentaban mucho.

Los argumentos en pro de una concesión en firme de las tierras adolecen de una limitación similar. Los conservacionistas señalan la falta de acceso a largo plazo a los recursos forestales como una de las causas principales de la explotaciónes que no se rigen por el criterio de la viabilidad. Hay una razón de sentido común: sin una concesión garantizada en firme, ninguna compañía se arriesgará a invertir en explotaciones futuras. Pero la mera seguridad de que las empresas puedan, en principio, obtener beneficios si promueven la regeneración de los bosques no comporta los incentivos financieros prácticos que fomenten tales prácticas. Cierto es que una concesión en firme facilita que las empresas se planteen la posibilidad de invertir en regeneración, pero no asegura, de manera automática, la rentabilidad económica de tales inversiones. En realidad, más que promover inversiones en regeneración, la concesión garantizada puede simplemente frenar las inversiones mayores en equipo maderero, lo que supondría una agostamiento más rápido del recurso.

Y ésa es la cuestión por la que Reid se incorporó a nuestro equipo en 1994. Rice había conocido a Reid dos años antes, en medio de una tormenta torrencial en el corazón de El Petén, la provincia septentrional, muy forestada, de Guatemala. Aunque suspendida allí, por decreto,

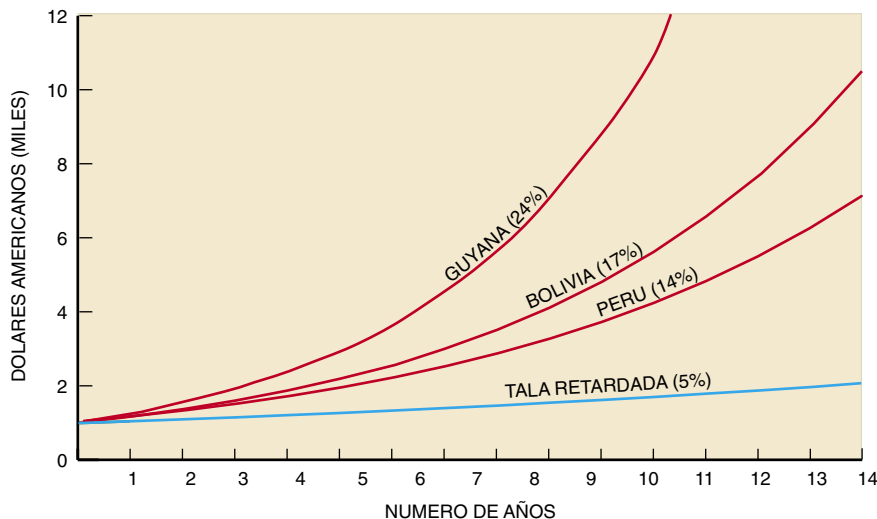
4. ALGUNAS ESPECIES inspeccionadas de entre los centenares que figuran en el Apéndice 2 del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas; son (izquierda, de arriba abajo): orquídeas, ranitas de los dardos envenenados, camaleones, colibríes, corales hermatípicos, lobos marinos de las Galápagos y plantas americanas del ginseng.

la explotación maderera, el gobierno consideraba la posibilidad de ceder grandes extensiones de bosque a compañías bajo contratos con una duración de 25 años.

Una cesión tan prolongada a los madereros no resolvería los problemas de la explotación forestal inviable y de una frontera agrícola en expansión. En eso estábamos de acuerdo. Temíamos, además, que pudiera perjudicar a los miles de personas que vagan por estos bosques en busca de látex chicle (una goma), hojas de palma ornamentales y pimienta malaqueta, todos ellos valiosos productos de exportación. Por eso, cuando las autoridades prepararon un anteproyecto para facilitar concesiones a largo plazo confiando en promover una gestión viable, Rice llamó a Reid para preguntarle si le gustaría examinar el articulado. Seis semanas después el gobierno guatemalteco tenía nuestro informe. Demostrábamos en él que las compañías tendrían que absorber un fuerte recorte de beneficios en la gestión de tales bosques con criterio de viabilidad. El proyecto se archivó, aunque continúan las presiones para ceder el bosque a la industria maderera.

Certificado verde

Muchas personas preocupadas por el futuro de la pluviselva piensan que el certificado de origen de la madera, el “etiquetaje verde”, allanará los obstáculos de los incentivos económicos necesarios para estimular la gestión viable. Dichos programas de certificación reclaman el acatamiento voluntario de normas ambientales establecidas a cambio de precios más altos, un mayor acceso a los mercados o ambas cosas a la vez. Mientras los expertos debaten si la certificación conduce o no a precios de mercado más altos, el quid de la cuestión está en saber si las bonificaciones que los consumidores se hallan dispuestos a pagar por productos certificados bastarán para producir los cambios necesarios. Nuestro análisis económico de las operaciones de Chimanes indicaba que, para las maderas nobles (caoba, por ejemplo), las pautas actuales de sobreexplotación resultan hasta cinco veces más rentables que una alternativa que respete el criterio de la viabilidad. Pero los consumidores parecen estar dispuestos a gastar, como máximo, el 10 por ciento más por madera certificada que el precio que pagarían por productos maderables



5. LAS GANANCIAS FINANCIERAS que pueden obtenerse talando árboles valorados en unos 1000 dólares americanos e invirtiendo las ganancias a los intereses reales que se pueden obtener en los distintos países de la zona (rojo), sobrepasan los beneficios obtenidos si se deja que los árboles crezcan en tamaño y valor antes de talarlos (azul).

sin ese marchamo. Una diferencia enorme.

No obstante, la certificación constituye un instrumento potencial de sumo interés para la conservación de los bosques, siempre que esa medida se concentre en modificaciones de bajo coste que reduzcan la agresión ambiental (evitar que los madereros cacen animales de la selva) y no en cambios costosos que produzcan dudosos beneficios. No existe todavía una amplia demanda de madera certificada por parte del consumidor; sí parece haber un nicho creciente que podría ocuparse en la hipótesis de que se reduzcan al mínimo los costes que conlleva el ser respetuoso con el medio. Mientras tanto, lo prudente sería evitar alterar los incentivos económicos que mueven las operaciones madereras —aumentar la seguridad de la concesión o promover especies menos conocidas—, al objeto de proteger al pequeño número implicado en la certificación. Mientras no se generalice la certificación, tales políticas no harían más que acelerar la degradación de las selvas tropicales.

¿Qué hacer?

Es improbable que se generalice la gestión de las selvas tropicales ajustada a una explotación maderera acorde con el criterio de viabilidad, al menos en un futuro inmediato. Laboran en contra los incentivos económicos opuestos, un control

gubernamental limitado y la falta de apoyo político local, que arruinarán los mejores esfuerzos en esa dirección, sobre todo en los países en vías de desarrollo. Importa que los partidarios de la conservación tomen conciencia de esa realidad. Sin embargo, pese a no haber soluciones fáciles, ciertas estrategias merecen particular atención.

Por ejemplo, suministrar a las compañías madereras créditos a bajo interés para que financien la regeneración y la protección de la biodiversidad. Las explotaciones forestales que acometen también tales actividades no resultan rentables a las altas tasas de interés que se ofrecen en los países en vías de desarrollo, pero podrían serlo si se financian con capital más barato, aportado por bancos de desarrollo o inversores con sensibilidad por esas cuestiones.

Otra opción sería promover la conservación de extensas áreas forestales en el recinto de las concesiones madereras y en sus alrededores. La vigilancia de tales zonas protegidas contribuiría a la conservación de la biodiversidad sin gran dispendio económico. En vez de limitarse a la cobertura forestal, esas zonas exentas podrían abarcar bosques con su listado casi entero de especies y su estructura de ecosistemas maduros. Sería ideal que estas tierras fueran contiguas o próximas a otros bosques exentos. Para minimizar los costes, sugerimos reservar con ese fin zonas sin interés comercial: lugares demasiado empinados para ser talados o bosques

que en el pasado apenas se hayan explotado.

Aunque estas reservas quizá figuren entre las zonas menos rentables de las controladas por las compañías madereras, es probable que las empresas no admitan cortapisas a su libre movimiento. En Bolivia, el gobierno, sabedor de esa dificultad, ofrece a los madereros recortes fiscales por la conservación. Según una ley que acaba de aprobarse, el gobierno boliviano impondrá una gabela de unas 130 pesetas por hectárea y año a la explotación forestal. Pero las empresas pueden designar excluidas de tala hasta un 30 por ciento de sus concesiones; esas zonas reservadas quedarán exentas de tributación. Con semejantes medidas es de esperar que los madereros protejan las tierras marginales (desde un punto de vista comercial) y se ablande su resistencia a detraer de la explotación forestal otras áreas para la protección del ambiente.

Por último, en Chimanes y bosques asimilados, donde apenas existen presiones para la colonización del territorio y se practica un madereo sin control, el aceptar algunos elementos de la situación actual puede llegar a ser la mejor de las opciones. A buen seguro, e igual que ocurre en muchas zonas de las tierras bajas bolivianas, la explotación forestal continuará en Chimanes después de que se haya agotado el caobo. La pauta actual de explotación selectiva de un gran número de especies comerciales, a razón de una o dos especies por tanda, es un proceso secuencial que en algunos sitios puede tardar años en cerrarse. Así las cosas, los conservacionistas no deben tanto pretender convencer a las compañías madereras para que se queden y talen de manera que sea viable a largo plazo, cuanto instituir alguna forma de protección para los bosques maduros mientras exista oportunidad.

Los conservacionistas han de recordar, asimismo, que las amenazas no terminan con la adopción general de una gestión de la pluviselva atendida al criterio de viabilidad. Las políticas agrícolas nacionales, la extensión de la red de carreteras y la colonización son procesos que plantean, cada uno de ellos, peligros mucho mayores para los bosques tropicales que el madereo sin control. Frenar la destrucción causada por esos factores puede hacer por la conservación de las selvas mucho más que remendar las prácticas forestales actuales.

No existe una estrategia común que valga para todos los bosques y en todo momento. Nuestras recomendaciones (en particular para las zonas maduras que se detraen de la explotación forestal) pueden carecer de eficacia ante las mismas fuerzas que ahora frustran la gestión viable de los bosques. Con el tiempo, los madereros tendrán un incentivo cada vez mayor para penetrar en las áreas que hoy no resultan rentables. Si no interviene con mano firme el gobierno, también estas alternativas fracasarán como sucumbieron los esfuerzos por imponer la explotación forestal viable. Pero nuestra propuesta de zonas exentas de madereo se distingue en el sentido de que aporta beneficios ambientales reales e inmediatos al proteger la selva madura. Además, se basa en la acotación directa de la zona de explotación y no en complejas normas técnicas sobre la forma de llevar a cabo la tala.

Aunque están lejos de proporcionar soluciones enteramente satisfactorias, las medidas que sugerimos pueden ser los instrumentos más realistas para armonizar la conservación con la extracción de maderas tropicales, hasta que el cambio político y económico en el mundo en vías de desarrollo conlleve una protección exigente y eficaz de las majestuosas selvas tropicales.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

THE ECONOMICS OF OVEREXPLOITATION. C. W. Clark en *Science*, volumen 181, n.º 4100, págs. 630-634; 17 de agosto, 1973.

THE TROPICAL TIMBER TRADE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Jeffrey R. Vincent en *Science*, volumen 256, páginas 1651-1655; 19 de junio, 1992.

ECOLOGY AND MANAGEMENT OF MAHOGANY (*SWIETENIA MACROPHYLLA* KING) IN THE CHIMANES FOREST, BENI, BOLIVIA. R. E. Gullison, S. N. Panfil, J. J. Strouse y S. P. Hubbell en *Botanical Journal of the Linnean Society*, volumen 122, número 1, páginas 9-34; septiembre, 1996.

SIMULATED FINANCIAL RETURNS AND SELECTED ENVIRONMENTAL IMPACTS FROM FOUR ALTERNATIVE SILVICULTURAL PRESCRIPTIONS APPLIED IN THE NEOTROPICS: A CASE STUDY OF THE CHIMANES FOREST, BOLIVIA. A. F. Howard, R. E. Rice y R. E. Gullison en *Forest Ecology and Management*, volumen 89, números 1-3, páginas 43-57; 1 de diciembre, 1996.