

Efectos ecológicos de los eucaliptos

por
M.E.D. Poore
y
C. Fries

ESTUDIO FAO
MONTES

59



ORGANIZACION
DE LAS
NACIONES UNIDAS
PARA LA
AGRICULTURA
Y LA
ALIMENTACION
Roma, 1987

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

M-32

ISBN 92-5-302286-8

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse al Director de Publicaciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

© FAO 1987

PREFACIO

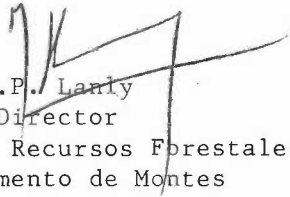
Los bosques del mundo se están cortando actualmente a un ritmo muy superior al de su sustitución. En los países, como promedio, sólo se planta una ha mientras se desmontan 10 has de bosques naturales. Hay grandes y crecientes demandas de madera para uso industrial y para atender las necesidades de combustible, especialmente en los países en desarrollo de las zonas tropicales, con sus poblaciones en aumento. Para responder a esta situación se suele adoptar la solución de plantar especies arbóreas exóticas de crecimiento rápido y de gran uso. Un grupo de tales exóticas se encuentra en las más de 600 especies del género Eucalyptus, cuya popularidad como especies de plantación puede atribuirse a que son generalmente muy adaptables, de crecimiento rápido y con una amplia variedad de usos, desde madera aserrada y productos elaborados de la madera hasta combustible de gran valor calorífico, y también para una serie de usos ambientales y ornamentales. Esta popularidad puede juzgarse del hecho de que más de 80 países han mostrado interés por los eucaliptos y han plantado más de 4 millones de has en todo el mundo, fuera del ámbito natural de Australia, Sudeste de Asia y el Pacífico.

Sin embargo, en medio de esta popularidad, se ha producido un estado creciente de opinión que sostiene que los eucaliptos ocasionan una serie de males a corto o largo plazo, empobreciendo el ambiente, en cuanto a los suelos, la disponibilidad de agua y la vida silvestre, incluso cuando las plantaciones se han establecido en tierras baldías, desprovistas de cubierta arbolada. Algunos países han prohibido incluso la plantación de eucaliptos.

Debido, por una parte, a esta crítica creciente y por otra, a los grandes beneficios potenciales que los eucaliptos pueden aportar a los programas forestales de los países en desarrollo, la FAO decidió aceptar el ofrecimiento hecho por la Agencia Internacional Sueca para el Desarrollo (SIDA) para llevar a cabo este estudio. La finalidad del mismo es analizar lo más desapasionada y objetivamente posible, la información disponible sobre los efectos ecológicos de los eucaliptos y presentar los resultados en forma condensada.

La FAO expresa su reconocimiento al Profesor D. Poore y al Sr. C. Fries, consultores que investigaron y redactaron el estudio y a los Sres. Gutiérrez de la Lama (España), W. de P. Lima (Brasil) y C. Malvos (Francia) que proporcionaron su muy valioso asesoramiento como especialistas; y también, por su inestimable ayuda en materia bibliográfica, al Director, el Bibliotecario y el Personal del Commonwealth Forestry Institute (CFI, RU) y al Director y al Personal del Centre Technique Forestier Tropical (CTFT, Francia).

Se espera que este estudio sirva a los forestales y otros planificadores y administradores del uso de las tierras para conocer mejor las relaciones entre los eucaliptos y su ambiente ecológico, dando la adecuada dimensión a aquellas afirmaciones demasiado tajantes, en favor o en contra de los eucaliptos.


J.P. Lanly
Director

Dirección de Recursos Forestales
Departamento de Montes

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
EL PROBLEMA	1
ENFOQUE DEL PROBLEMA	3
CAPITULO PRIMERO	
INFLUENCIA SOBRE EL CICLO DEL AGUA	5
Introducción	5
- El Ciclo del Agua	5
Efectos Ecológicos	11
- Clima	12
- Microclima	12
- Interceptación	12
- Precipitación a Través y Flujo de Tallo	16
- Recarga de la Humedad del Suelo	16
- Escorrentía Superficial	17
- Corrientes de Agua	18
- Aguas Subterráneas	19
Cinturones Protectores y Combinaciones Agroforestales	20
Cuencas Experimentales	20
Efectos Nocivos de la Remoción de un Bosque de Eucalipto	21
Discusión y Conclusiones	22
Conclusiones Generales y Guías de Acción	25
CAPITULO SEGUNDO	
EROSION	27
Erosión Hídrica	27
Cinturones Protectores y Erosión Eólica	28
CAPITULO TERCERO	
NUTRIMENTOS	29
Introducción	29
Posibles Efectos de los Eucaliptos Sobre el Balance de Nutrientos	33
- Efecto Sobre los Aportes	35
- Efecto Sobre las Pérdidas	35
Efectos de los Eucaliptos Sobre la Calidad del Suelo - Sin Aprovechamiento	37
- Eucaliptos Sobre Sitios sin Previa Cobertura Boscosa	40
- Comparación con Plantaciones y Bosques Ordenados de Sal (<u>Shorea robusta</u>)	41
- Comparación con los Pinos	41
- Eucaliptos Sobre Turberas	42
- Conclusión	42
Efectos de los Eucaliptos Sobre la Calidad del Suelo - Con Aprovechamiento	43
- Efectos Directos de la Remoción de la Biomasa	43

	Página
- Efectos Indirectos del Aprovechamiento	44
- Carácter de las Investigaciones	45
- Comparación de la Extracción de Nutrimientos con las Reservas del Suelo	47
- Gasto Nutricional y Conclusiones	51
- Guías de Acción	52
CAPITULO CUARTO	
COMPETENCIA Y SUSTITUCION	53
Introducción	53
- Efectos de Competencia	53
- Efectos de Sustitución	54
Los Eucaliptos y el Sotobosque	55
Los Eucaliptos y los Cultivos Agrícolas Vecinos	56
Efectos Alelopáticos	57
Los Eucaliptos y la Fauna	58
- Comparación de Bosques Nativos (sin Eucaliptos) con Plantaciones de Eucaliptos y de <u>Araucaria</u>	59
- Comparación entre los Bosques Nativos y las Plantaciones de Eucaliptos	60
- Comparación de los Bosques Nativos de Eucalipto y los Bosques de <u>Pinus radiata</u>	60
Conclusiones	61
CAPITULO QUINTO	
ALGUNAS CONSIDERACIONES SOCIALES	62
CAPITULO SEXTO	
CONCLUSIONES	64
Efectos Ecológicos	64
- Carácter de la Investigación	64
- Naturaleza de los Efectos Ecológicos	65
Conclusión	68
BIBLIOGRAFIA	69

I N T R O D U C C I O N

EL PROBLEMA

Las Plantaciones de Eucalyptus siempre han despertado fuertes controversias en pro y en contra, pero los argumentos esgrimidos tanto por quienes se oponen como por quienes las favorecen, se han fundamentado más en prejuicios que en consideraciones ponderadas de los hechos. Los eucaliptos se han convertido en un género fácil para su introducción, especialmente en las regiones más cálidas del mundo, a causa de su rápido crecimiento y del amplio rango de condiciones en las cuales las diferentes especies prosperan. En algunos sitios sin embargo, estas plantaciones se han criticado acerbamente porque se afirma que causan efectos adversos sobre los suelos (em pobrecimiento y estímulo a la erosión), sobre los recursos hídricos (desecamiento de acuíferos), y porque brindan un habitat relativamente pobre para la vida silvestre.

Estas críticas son muy diversas. Algunas de ellas podrían igualmente aplicarse a otros tipos de plantaciones, pues todos los monocultivos son más propensos que los bosques mixtos al ataque de plagas y enfermedades. Algunos separan los eucaliptos de otras especies arbóreas y sostienen que aquellos son más perjudiciales. Otras críticas inclusive, son aplicables a todas las especies introducidas o exóticas, en razón a que no son palatables para los animales nativos y que introducen una nota discordante en el paisaje.

Siguiendo este orden de ideas, es quizás digno señalar el doble patrón de moral que parece haber sido establecido, para juzgar en el pasado los cultivos forestales en comparación con muchos cultivos agrícolas. Nadie se sorprende que los últimos sean a menudo de especies introducidas; pues sin lugar a dudas, la mayoría de los cultivos en muchas partes del mundo son de origen exótico (trigo, maíz, arroz, papa, yuca, caucho, palma de aceite, coco y muchos otros). Nadie, incluso, se sorprende que los suelos agrícolas puedan llegar a agotarse, si se mantienen con cultivos permanentes sin adición de fertilizantes. Sin embargo, ambas situaciones se consideran suficientes para basar las críticas de los cultivos forestales. Un prejuicio similar está comenzando a aparecer, al considerar la sustitución de sabanas de pastos nativos por potreros con especies de pastos y leguminosas introducidas; aunque las críticas no parecen ser tan fuertes, como en el caso de las plantaciones de árboles exóticos para la producción de madera. Es extraño e ilógico además, aceptar que los árboles plantados junto con cultivos agrícolas o como ornamentales, aparentemente son inmunes a este tipo de críticas.

Podría recordarse también, al evaluar los efectos ecológicos de los eucaliptos, que este género es muy numeroso, con más de 600 especies (el número exacto depende del punto de vista individual, amplio o estrecho, de lo que constituye una especie); de los cuales, al menos 40 se han plantado ampliamente fuera de su medio geográfico natural. Cuando se tiene en cuenta que éstas se han plantado desde los trópicos ecuatoriales, a través de los subtropicos, hasta las regiones áridas, mediterráneas y templadas cálidas; desde el nivel del mar hasta alrededor de los 4.000 metros de altura en los Andes; y sobre una amplia gama de sitios y de suelos; debe aceptarse que

son muy grandes las dificultades para hacer generalizaciones válidas.

Además, algunas críticas se han motivado más por las falsas expectativas creadas, que por los efectos ecológicos nocivos. Los eucaliptos se difunden a menudo como especies maravillosas, capaces de traer soluciones inmediatas para los problemas locales de suministro de madera y de control de la erosión. Cuando después de lo anterior, ocurren fracasos en las plantaciones, debido a que muy frecuentemente se utilizan especies y sitios equivocados, las comunidades locales pueden quedar al menos abastecidas con vegetación, que aunque poca, es de todas maneras mejor que la existente anteriormente. La culpa recae entonces a menudo en los eucaliptos y no sobre las malas prácticas forestales, que son las verdaderas culpables.

Una de las principales razones para plantar eucaliptos, es su más rápido crecimiento comparado con otras especies para la misma localidad; este acelerado crecimiento se asocia necesariamente con un mayor consumo de agua. La pregunta surge entonces: qué es más importante en determinadas circunstancias, la madera o el agua?

Este estudio se propone presentar un análisis imparcial de la información disponible sobre los efectos ecológicos de los eucaliptos. Se espera que sea útil para aquellas personas responsables de evaluar alternativas de desarrollo y de uso de las tierras, para los manejadores de bosques y de tierras agrícolas, y para otras personas interesadas. Se espera además, que al disipar algunas malas interpretaciones relacionadas con la materia, se de lugar a decisiones más justas y más ampliamente aceptables sobre el uso de tierras.

En el estudio se incluye una bibliografía comentada. Cada referencia se clasifica de acuerdo con la materia contenida, indicando la utilidad de cada documento con relación al objetivo de este estudio. Debe tenerse en cuenta que no están incluidas todas las referencias relacionadas con el cultivo de eucaliptos, sino sólo aquellas que tienen alguna relevancia con los efectos ecológicos. Además, muchos de los estudios se diseñaron para resolver otros problemas y la "clasificación por afinidad" no necesariamente refleja la aplicabilidad del documento.

No obstante, debe enfatizarse que muy pocos estudios presentaron datos confiables y estadísticamente válidos para inferir conclusiones seguras. Muchos trataron sólo parcialmente el proceso o no fueron concebidos con suficiente rigurosidad. Incluso, los pocos estudios completos sobre cuencas mostraron resultados de muy variada naturaleza, los cuales no pudieron extrapolarse a otras cuencas con características climáticas e hidrológicas diferentes. En términos generales, la documentación más útil fué aquella que analizó los procesos generales de los sistemas estudiados. Lo anterior tiene entonces, importantes implicaciones para la planificación del futuro trabajo de investigación en este campo.

El estudio se limitó naturalmente a aquellas materias y regiones para las cuales existe información disponible. De hecho, la mayoría del trabajo fué realizado en pocos países, principalmente Australia, Brasil, algunos países Mediterráneos y la India. Casi todo se refiere a plantaciones en bloques pues existe poco sobre plan

taciones en líneas, cinturones protectores o agroforestería. Pero si se juzga por los resultados de la presente revisión de literatura, se podría esperar que los principios generales que controlan los efectos ecológicos de los cinturones protectores y de los árboles para el sombrío de cultivos, se aplican también a los eucaliptos, modificados por el efecto especial que produciría, cualquier característica conocida de la fisiología de la especie de eucalipto utilizada.

ENFOQUE DEL PROBLEMA

Este documento trata sobre los efectos ecológicos de las plantaciones de eucaliptos. Los efectos ecológicos de cualquier acción en curso (tal como la plantación de eucaliptos), sólo puede juzgarse realmente por comparación de los resultados de esta acción contra otra (tal como un sitio sin plantación o una plantación de pinos). Es muy importante en consecuencia, tomar cualquier observación o resultado experimental en su más amplio contexto.

Los tipos de efectos que pueden esperarse al sustituir un área de bosque húmedo climático por una plantación de eucaliptos (tal como el Eucaliptus deglupta en el bosque húmedo de Mindanao, en las Filipinas), serán completamente diferentes a los de la plantación de la misma especie de eucalipto, sobre terrenos deforestados y erosionados, tales como las colinas yesíferas de Chipre o las erosionadas sierras peruanas. La primera acción debe considerarse como degradación ecológica y las dos últimas como rehabilitación de tierras. Sin embargo, esta apreciación todavía contiene un juicio de valores relativos.

Existen diversas situaciones ecológicas dentro de las cuales pueden plantarse los eucaliptos; entre ellas están las siguientes: en lugar de un bosque denso existente; en lugar de otra vegetación natural de tipo sabana, rastrojo o potreros; sobre tierras de desecho o degradadas, ya sea como un cultivo potencial o para ayudar al control de la erosión; dentro de terrenos agrícolas, en cinturones protectores, haciendo parte de sistemas agroforestales, o como un cultivo de manejo intensivo para la producción de madera. Es muy importante comprender estas circunstancias, cuando se desea evaluar concientemente sus efectos. En consecuencia, la degradación o mejoramiento del suelo bajo una plantación de eucalipto, sólo puede evaluarse satisfactoriamente cuando se tienen en cuenta las condiciones existentes en el sitio antes de la repoblación.

Este estudio analiza los efectos sobre las condiciones físicas y biológicas (sobre el microclima y el clima en general, sobre los suelos, el agua y las poblaciones de flora y fauna); examina también los efectos de sustitución, tal como la reducción del área de otros ecosistemas al ser reemplazados por los eucaliptos. No trata en detalle los efectos sociales y económicos, aunque éstos se analizan ligeramente en el Capítulo V.

Sin embargo, en un contexto más amplio esta distinción es meramente artificial. La mayor parte de los efectos ecológicos sólo pueden evaluarse con relación a las necesidades de la población. Por ejemplo: es más importante la madera o el agua para un sitio determinado, ó es la madera más importante que los pastos forrajeros? Si el propósito de la plantación es la desecación de un pantano, el alto consumo de agua es una condición que debe valorarse; pero a la vez debe considerarse perjudicial y quizás criticarse con razón, si va a reducir el nivel freático en un área donde existe un precario abastecimiento de agua o donde la misma podría usarse para la irrigación de cultivos de alto rendimiento.

Si se admite que la importancia culminante de los efectos ecológicos se fundamenta en sus consecuencias sociales, es muy fácil entonces aceptar como criterio que sólo es posible evaluar concientemente las plantaciones de eucaliptos, cuando se tienen en cuenta todos los costos y beneficios, incluyendo dentro de éstos los efectos ecológicos.

Podría hacerse sin embargo una distinción, entre los efectos ecológicos reversibles y aquellos irreversibles o que sólo se pueden recobrar a un gran costo. Si un cultivo agota los nutrimentos del suelo, éstos pueden reemplazarse con la adición de fertilizantes y surge entonces un problema de rentabilidad. Pero la pérdida del suelo por erosión superficial o de cárcavas, es al contrario de la anterior, una situación irreversible que requiere un tratamiento más especial.

Muchas de las experiencias que se describen más adelante, fueron llevadas a cabo con un objetivo específico o limitado, y en tal virtud, debe tenerse una gran prudencia al extrapolar sus resultados a otras situaciones. Las conclusiones relacionadas con los efectos hidrológicos de experiencias obtenidas en regiones áridas, muy probablemente carecen en su mayoría de validez para regiones con alta precipitación. Igualmente, muchos resultados se refieren exclusivamente a un tema particular dentro de un proceso ecológico más amplio. Por ejemplo, el trabajo puede cubrir el efecto del follaje de un árbol para interceptar la lluvia, pero estas mediciones solo tendrían algún valor significativo, si se dimensionan en el contexto de todo el ciclo hidrológico.

En cada una de las principales secciones que siguen a continuación, los autores comienzan en consecuencia, con una explicación en simples palabras de los procesos tratados en cada una de ellas, de manera que se puedan apreciar en todo su contexto y que el lector logre evaluar apropiadamente la utilidad de los resultados.

El contenido principal de este documento describe los efectos ecológicos en cuatro Capítulos: El primero trata los eucaliptos y el agua; el segundo, la erosión del suelo; el tercero, la fertilidad del suelo, y el cuarto, la interacción de los eucaliptos con otros organismos vivos - los efectos que pueden producir los eucaliptos al competir con ellos o al desplazarlos. A continuación de estos Capítulos se hace una breve discusión sobre las implicaciones socioeconómicas de las plantaciones de eucaliptos, y finalmente el documento incluye un Capítulo que resume las principales conclusiones.

C A P I T U L O I

INFLUENCIA SOBRE EL CICLO DEL AGUA

Introducción

Las principales críticas propagadas contra las plantaciones de Eucalyptus, en relación con el propósito del estudio, se basa en que ellos agotan los abastecimientos de agua y en que no regulan el flujo del agua tan bien como lo hace la vegetación natural, en las cuencas con relieve quebrado. Algunas de estas afirmaciones serían igualmente aplicables a cinturones arbolados y a árboles aislados o dispersos.

En esta sección se examinará la evidencia en favor y en contra de estos puntos de vista. Pero antes de hacerlo, es indispensable describir algunas de las principales características de la circulación del agua en la atmósfera, en el bosque (ó en el árbol), y en el suelo.

El Ciclo del Agua

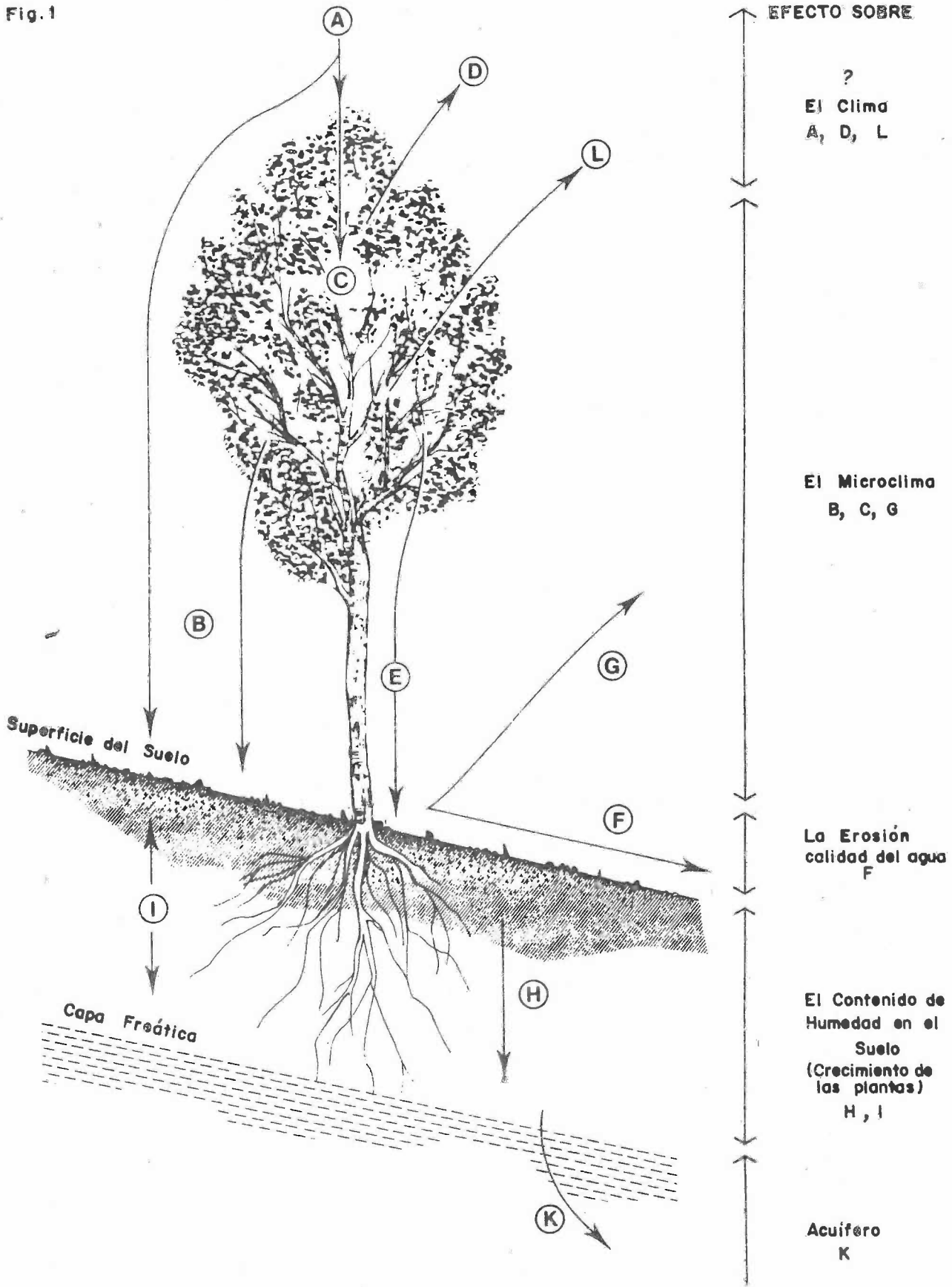
Las relaciones entre las plantas, el suelo y el agua son complejas, pero es importante tener algún conocimiento de ellas, para estimar los posibles efectos de los eucaliptos (o de cualquier otro árbol) sobre la hidrología local. Las mismas se describen en forma diagramática en la Fig. 1 .

Cuando una cierta cantidad de lluvia (A) cae sobre un área cubierta con árboles, alguna parte (B) llega al suelo directamente o pasa por goteo a través del follaje, mientras que otra parte (C), es interceptada por el dosel de las copas. De esta última cantidad, una porción (D) se evapora y se pierde y la parte remanente (E), finalmente llega al suelo resbalando a través de los troncos de los árboles (flujo de tallo).

Para determinar estas diferentes cantidades, es importante conocer la densidad de los árboles, la naturaleza del follaje y el carácter del tronco y la corteza. Igualmente se deben considerar factores climáticos, tales como: La intensidad de las lluvias, la temperatura, los vientos (que producirían más evaporación), y las nieblas (que favorecerían mayor interceptación y por consiguiente mayor goteo y flujo de tallo).

Cuando la lluvia llega al suelo, una parte (F) puede fluir sobre la superficie del suelo (escorrentía superficial), convirtiéndose en la causa principal de la erosión

Fig.1



del suelo por el agua. Alguna parte (G) puede evaporarse directamente hacia la atmósfera, mientras que el resto penetra en el suelo.

La cantidad de escorrentía superficial (F) y su manera de comportarse sobre la superficie del suelo, depende de varios factores: La intensidad de las lluvias (a mayor concentración de la precipitación mayor escorrentía); la pendiente e irregularidad del terreno; la presencia o ausencia de una cubierta protectora ya sea de hojarasca o de piedras, para aminorar el impacto de las gotas de lluvia o reducir la fuerza del agua en su movimiento pendiente abajo; la naturaleza de la superficie del suelo, y en particular, si ésta permite o no la infiltración (H) fácil y rápida del agua.

Bajo condiciones ideales, toda el agua se infiltrará y no se producirá escorrentía. Bajo condiciones menos favorables, el agua correrá por toda la superficie hasta al canzar las corrientes de agua y elevar sus picos de creciente. Esta escorrentía puede transportar suelo en suspensión (erosión laminar) y cuando se concentra (debido a árboles, agrupaciones de pastos o rocas), puede formar cárcavas y generar una mayor pérdida de suelo. El agua que escurre de esta manera, se pierde para el uso de las plantas en terrenos pendientes, y en razón a que no se infiltra en el suelo, no contribuye a recargar el "flujo base" (el flujo estable y permanente) de las corrientes que drenan el área.

De otro lado, el movimiento del agua una vez que ha penetrado en el suelo, es afectado en buena medida por el clima. En climas o estaciones secas (cuando la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación) ocurre un movimiento neto del agua hacia la superficie; al contrario, en climas o estaciones húmedas el movimiento es hacia abajo.

Existe poco movimiento ascendente del agua en suelos graviliosos o arenosos, pero en suelos de texturas finas, hay un movimiento hacia la superficie mediante la acción capilar. Por esta razón, en climas áridos, donde el movimiento neto del agua del suelo es hacia arriba, los suelos arcillosos se secan más rápidamente y son regularmente más secos que los suelos arenosos; un comportamiento opuesto ocurre en climas húmedos, donde el movimiento neto del agua es hacia abajo.

Cuando penetra suficiente agua dentro del suelo, este puede retener una cierta cantidad (I) contra las fuerzas gravitacionales, conocida como la "capacidad de campo". El agua sobrante (K) percola hasta la capa fréatica (zona en la cual el suelo permanece saturado) y de aquí pasa a alimentar las corrientes, los ríos y los profundos acuíferos subterráneos. La cantidad de agua retenida por el suelo es entonces afectada por el volumen del mismo, por su textura, y por la materia orgánica presente. De esta manera, la erosión del suelo reduce la cantidad de agua disponible para las plantas por disminución del volumen de suelo; y así mismo suelos limosos retienen mayor humedad que los arenosos y graviliosos.

El sistema radicular de las plantas en este volumen de suelo, podría absorber casi toda el agua al alcance de las raíces. Las plantas incorporan una cantidad muy pequeña en sus tejidos vivos y transpiran el resto (L) a la atmósfera. El total de agua utilizada depende del clima, de la distribución de las raíces, y del volumen

de suelo ocupado por ellas.

Si existe suficiente agua, la evapotranspiración total (evaporación del piso más transpiración de las plantas) dependerá en gran medida de la radiación que llega al piso o a la cubierta vegetal. En otras palabras, esta cantidad está determinada por el balance de energía de cualquier sitio en particular, más que por el tipo de vegetación. En este sentido, la evapotranspiración es aproximadamente igual sobre lagos, pastizales o bosques para una misma unidad de área. Esta es una característica del ciclo del agua que a menudo se desconoce.

La situación es diferente cuando el abastecimiento de agua es bajo; las plantas entonces generan algún tipo de protección contra el despilfarro de agua (perdiendo sus hojas, cerrando los estomas de las hojas, etc.). Existen también mecanismos de defensa en el suelo; una capa superficial de hojarasca o de gravilla, puede retardar o evitar la pérdida de humedad. Bajo estas circunstancias, la evapotranspiración real puede ser mucho menor que la potencial (es decir, la que pudiera perderse si hubiese disponibilidad de humedad).

El efecto de los árboles sobre la hidrología de una cuenca, y el funcionamiento de los árboles en sí, está muy influenciado por su accesibilidad a fuentes subterráneas permanentes, o por su dependencia del volumen de humedad almacenado en el suelo, el cual sólo se reabastece con precipitación local. Si las raíces de los árboles tienen acceso a las aguas subterráneas, los árboles no sufrirán por falta de agua, incluso en climas secos, y utilizarán tanta agua como requieran - cantidad que está ampliamente determinada por la radiación que llega y por el viento. Si por el contrario, ellos dependen de las lluvias y del reabastecimiento de humedad que éstas proveen al suelo, el agua disponible para los árboles será influenciado por el clima y en particular, por las fluctuaciones estacionales de la proporción entre precipitación y evapotranspiración potencial (P/E).

Cuando los árboles botan sus hojas o cierran sus estomas, se detiene la fotosíntesis y el crecimiento. La pérdida de humedad es un precio que las plantas deben pagar por su desarrollo; y el ritmo de crecimiento de los árboles es ampliamente proporcional a la cantidad de agua que utilizan. En consecuencia, si el objetivo de la plantación es producir un gran volumen de madera, debe esperarse que los árboles consumirán inmensas cantidades de agua. Como a menudo los eucaliptos se escogen precisamente por su mayor crecimiento en relación con otras especies, sólo cabe esperar que habrá un mayor consumo de agua.

Cuando el suelo se ha secado hasta un cierto grado, conocido como "punto de marchitamiento", las plantas no pueden extraer más humedad del mismo; pero si las plantas poseen raíces que alcanzan la capa freática, seguirán transpirando copiosamente, aun que el suelo superficial esté demasiado seco para sostener el crecimiento de la vegetación. Esto se evidencia por la observación de árboles y arbustos, que permanecen creciendo sobre lechos pedregosos de cauces secos en las regiones áridas.

Cuando $P > E$, podrá quedar agua sobrante después de que los árboles han satisfe

cho sus necesidades. Esta agua puede entonces percolar dentro del suelo y recargar corrientes o acuíferos subterráneos.

Donde $P < E$, los árboles y otra vegetación comenzarán a sufrir por falta de humedad y de acuerdo con su propia fisiología, restringirán la utilización del agua, detendrán su crecimiento, y de no ser resistentes a las sequías, incluso podrán morir.

El número de árboles que crecen en cualquier área de terreno, generalmente se ajustan a la cantidad promedio de humedad disponible en el suelo; los árboles incapaces de alcanzar las aguas subterráneas, estarán por consiguiente más ampliamente espaciados en áreas de baja precipitación, y si ellos se plantan más densamente, algunos morirán. El déficit de agua en el suelo dependerá de la distribución de las raíces de las plantas, del grado con el cual la vegetación controle su propia pérdida de humedad, y de la naturaleza del mismo suelo. El déficit de humedad en el suelo, persistirá hasta que la lluvia de nuevo exceda la evaporación y recargue el suelo.

La Figura 2 ilustra cuatro posibles situaciones:

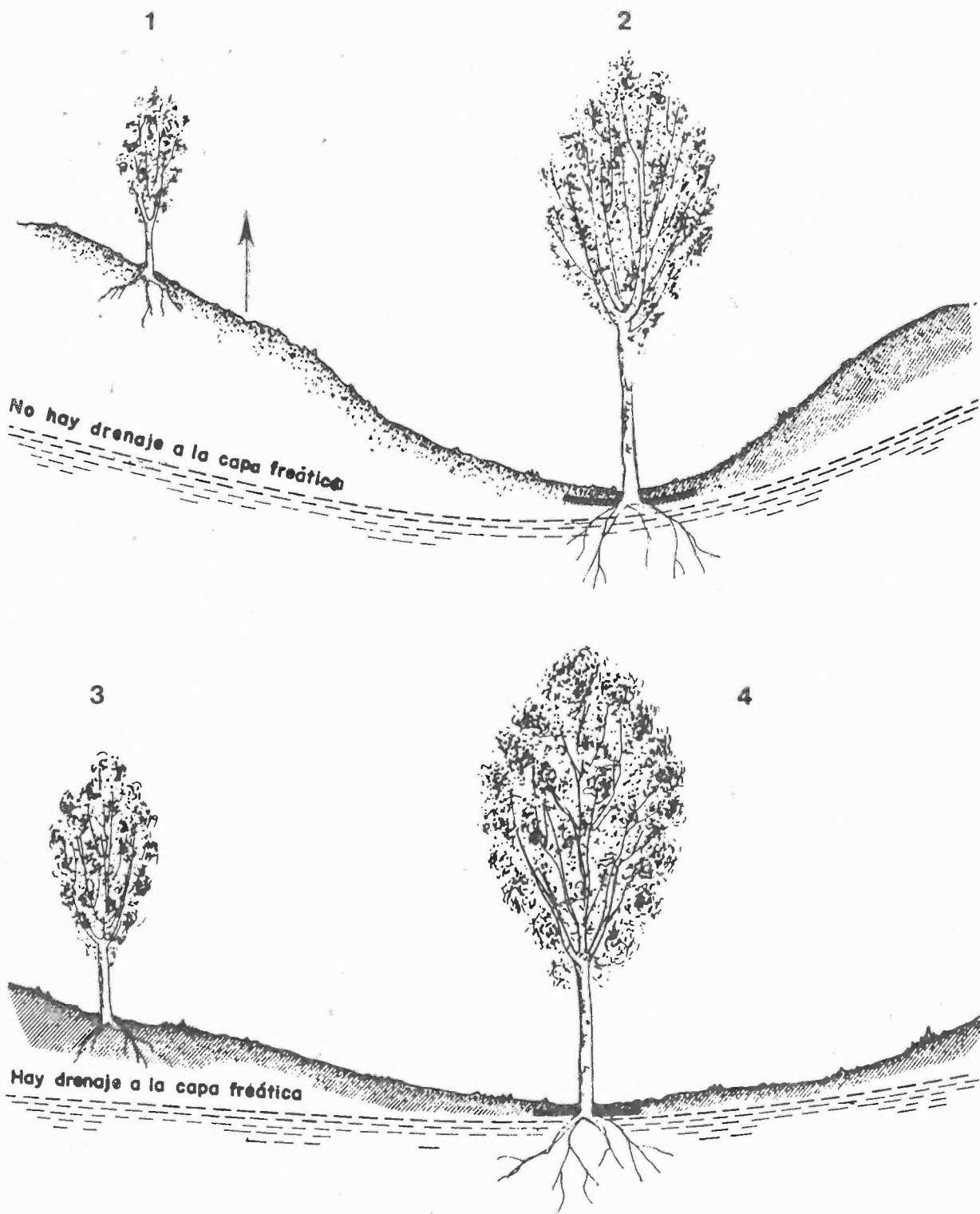
- (1) La vegetación se alimenta completamente de la lluvia; el contenido de agua en el suelo fluctúa de acuerdo con la proporción P/E ; ninguna cantidad de agua percola a la capa freática; sólo ocurriría escorrentía superficial durante aguaceros fuertes; la vegetación cuando existe, utiliza toda el agua del suelo, y su densidad y ritmo de crecimiento depende de la humedad disponible en él.

Los efectos de la vegetación en tal situación podrían ser:

- A) Impedir el reaprovisionamiento de humedad del suelo por la interceptación del follaje.
- B) Aumentar la humedad interceptada, en el caso especial de la precipitación de niebla, en áreas carentes de lluvias.
- C) Afectar la escorrentía de las tormentas, de la misma manera como las plantas con su hojarasca alteran la infiltración o cambian el curso del flujo del agua sobre el suelo.

Con excepción de C), los diversos tipos de vegetación no establecen diferencias en la hidrología regional (porque la precipitación nunca llega a la capa freática). El tipo de vegetación puede tener sin embargo, un efecto importante sobre el agua disponible para su propio crecimiento. Los Eucalyptus inclusive, podrían tener influencia sobre A) y B), y sobre la competencia entre sí y con las otras especies, por la limitada cantidad de humedad en el suelo. La pregunta importante es entonces: Es diferente la influencia de los Eucalyptus en comparación con otros géneros de árboles?

Fig. 2



- (2) El clima es árido, $P < E$; la capa freática permanece bajo la superficie del suelo y existe poca o ninguna evaporación en ausencia de vegetación; las raíces de los árboles tienen acceso al agua subterránea y en tal virtud transpiran vigorosamente y crecen rápido.

Bajo estas circunstancias todos los árboles (sin duda todo tipo de vegetación) tienen un efecto sustancial sobre el acuífero, tanto en el sitio como aguas abajo. Consumirán más agua los Eucalyptus que otras especies en condiciones similares?

- (3) Las circunstancias son las mismas que en el caso (1), excepto que $P > E$ y el agua sobrante drena a la capa freática. Los diferentes tipos de vegetación pueden ser más o menos eficaces en la utilización de la humedad del suelo, impidiendo así su percolación hasta la capa freática. Una ganancia en el crecimiento de la vegetación traería como costo una pérdida para el acuífero. Cómo se comportan los Eucalyptus comparados con otros tipos de vegetación?
- (4) Las circunstancias son similares a (2), a excepción de que el nivel freático fluctúa desde cerca hasta por encima de la superficie del suelo. Los árboles y la otra vegetación al consumir agua, ejercen un efecto sobre estos niveles. Cómo se comportan los Eucalyptus comparados con la otra vegetación?

Se verá que en todas estas circunstancias, los eucaliptos tendrán algún efecto sobre las relaciones hidrológicas, tanto localmente como aguas abajo del lugar. Ninguno de los efectos son intrínsecamente buenos o malos, excepto quizás la erosión, sino que dependerán de la relativa importancia que se le dé en cada lugar al abastecimiento de agua, al drenaje, al control de la erosión, al suministro de madera, etc.

Efectos Ecológicos

Los posibles efectos ecológicos de las plantaciones de eucaliptos (o de las plantaciones de cualquier otra especie arbórea) sobre el ciclo del agua, se muestran en el lado derecho de la Fig. 1. Estos pueden ser sobre: el clima local o regional, el microclima dentro del bosque, la escorrentía superficial (pudiendo afectar la calidad del agua y el volumen de erosión), el contenido de humedad del suelo, y el reaprovechamiento de los acuíferos. Las plantaciones de eucaliptos pueden afectar en principio cualquiera de estos, al alterar los valores (A)-(K). El beneficio o perjuicio resultante al considerar estos cambios, dependerá del propósito de las plantaciones y de la comparación de los diferentes costos y beneficios en cada caso.

Clima

El efecto del bosque sobre el clima es objeto de mucha controversia, y por tal razón no es posible tratarlo con detalle en este estudio. No existe ninguna evidencia sobre las plantaciones de eucaliptos en particular.

Cuando los bosques se establecen exitosamente sobre lugares cálidos y secos, carentes de vegetación antecedente (como por ejemplo en un terreno arenoso descubierto, con una capa freática accesible a las raíces de los árboles), se alterará la reflexión de la tierra (albedo) y por consiguiente se cambiará el balance de energía; los bosques reducirán la turbulencia del aire cerca al piso y como consecuencia rebajarán su contenido de polvo en suspensión. Como resultado de lo anterior, se podría aumentar la humedad del aire y reducir las temperaturas localmente. Bajo estas condiciones, las plantaciones de eucaliptos (al igual que los bosques naturales, o las plantaciones de cualquier otra especie de árboles) podrían ejercer alguna influencia sobre el clima local. Sin embargo hacen falta evidencias confiables.

Microclima

El clima dentro de una plantación de eucaliptos será más moderado en comparación con terrenos descubiertos al exterior del bosque. Lo anterior se conoce suficientemente de estudios generales sobre el microclima. El efecto de las plantaciones de eucaliptos será entonces similar a la de otras plantaciones, aunque pueden existir diferencias sutiles. Por ejemplo, los eucaliptos usualmente producen menos sombra que otros árboles de hoja ancha, debido a que las hojas de los eucaliptos a menudo suelen adherirse verticalmente sobre las ramas. Estos efectos microclimáticos se relacionan con una mayor humedad, menor iluminación, más bajas temperaturas promedio y moderados extremos de temperatura.

Interceptación

La vegetación puede ejercer un efecto significativo sobre la cantidad de agua que llega al suelo, por la interceptación que efectúa el follaje sobre una parte de la precipitación. La cantidad interceptada y perdida en cada sitio, es una de las características más notorias para diferenciar las diferentes clases de vegetación. Sus efectos dependen mucho de las circunstancias.

Cuando circulan nieblas o nubes bajas, el follaje puede recoger y suministrar por goteo, considerables cantidades de humedad al piso; esta es agua que podría continuar circulando y perderse para el sitio si no existiese vegetación. Lima y O'Loughlin (en imprenta) estudiaron los registros sobre bosques naturales de eucalipto en Aus

tralia. Los más altos valores, equivalentes a una lluvia de por lo menos 25-50 mm., en un año, se encontraron en el bosque esclerófilo de alta montaña (E. niphophilla) sobre el Monte Kosciusko, al sureste de Australia, y con alturas entre 1.200 y 1.500 metros. En un bosque de E. regnans, cerca a Melbourne (670 m. de altura, 1.200 mm. de precipitación), un rodal de 200 años de edad interceptó un promedio de 12.9 mm durante un período de 4 años, y un rodal con árboles de 80-90 años de edad interceptó 9.2 mm. La precipitación de la niebla tiene un marcado efecto sobre el clima local y sólo donde ellas ocurren, pueden crecer algunos tipos particulares de bosques.

Lima y O'Loughlin, al discutir la interceptación de la lluvia, agregan:

"Un efecto hidrológico de la mayor significación, relacionado con la presencia de una cobertura boscosa en cualquier sitio, es el proceso de la interceptación; a través de la cual, la lluvia es redistribuida por el dosel de copas y parte se pierde por evaporación directa desde el follaje. Al considerar la gran diversidad de especies y los muy diferentes tipos de bosques de eucalipto, no existe suficiente información sobre la interceptación, para permitir tener una visión completa de este importante proceso del ciclo hidrológico con este tipo de bosques".

La información que ellos recogieron se presenta en la Tabla 1.

Existe alguna evidencia sobre la proporción de lluvia interceptada por varias especies de Eucalyptus, en comparación con la interceptada por otras especies de árboles, pero no es ampliamente suficiente para hacer generalizaciones válidas. Los datos se presentan en la Tabla 2.

Comparaciones directas entre los eucaliptos y otros tipos de vegetación fueron llevadas a cabo por Lima (1976), Smith (1974), George (1978), Dabral y Subba Rao (1968 y 1969). Estos autores encontraron un volumen menor interceptado por Eucalyptus (11.65% comparado con 27.0% del Pinus roxburghii, 20.8% de la Tectona grandis, 38.2% de la Shorea robusta y 28.5% de la Acacia catechu). Smith (1974), al comparar un bosque de 35 años de edad de Pinus radiata con un bosque natural de E. rossii, E. maculata y E. dives, encontró un 18.7% en el pino comparado con 10.9% para los eucaliptos.

En contraste, Lima encontró una mayor interceptación en Eucalyptus (12.2% comparado con 6.6% en Pinus caribaea). Esto quizás puede explicarse por el hecho de que los pinos estudiados por Lima, tenían solo 6 metros de altura mientras que el Eucalyptus saligna tenía 15.4 metros. Con base en conceptos generales sobre morfología foliar y orientación, se podría esperar, bajo condiciones similares, una mayor interceptación en los pinos que en los eucaliptos. Karshon (1971) encontró una marcada reducción en la interceptación del E. camaldulensis, hasta 5.3%, dos años después de que el bosque cillo de 4 años aumentara hasta 7.1%.

Al interpretar todos estos resultados, debe recordarse que la proporción de lluvia interceptada varía ampliamente de acuerdo con el clima y con la intensidad de la lluvia. No obstante, parece que dentro de un amplio rango de condiciones, los bos

Tabla I

Pérdida por Interceptación (I), Precipitación a Través (T), Flujo de Tallo (Sf), Almacenamiento del Dosel (S), y Ecuaciones de Regresión que relacionan la interceptación, la precipitación a través y el flujo de tallo con la Precipitación Total (GR), para distintas especies de eucaliptos.

ESPECIES	I (%)	T (%)	Sf (%)	S (mm)	REGRESION
<u>E. regnans</u>	22-26	-	2-3	-	-
<u>E. regnans</u> (maduro)	23,2	72-76	4,3	-	I=0.176GR+1.51 T=0.775GR-1.36 Sf=0.05 GR-0.15
<u>E. regnans</u> (40 años de edad)	18,7	72.76	5,3	-	I=0.150GR+1.09 T=0.790GR+0.88 Sf=0.06 GR-0.21
Bosque seco heterogéneo de esclerófilas (A)	23,3	72-76	1,3	-	I=0.176GR+1.36 T=0.809GR-1.31 Sf=0.015GR-0.05
<u>E. melanophloia</u> Bosque seco heterogéneo de esclerófilas (B)	11 10,6	88 89	0,6 3	2 -	(T+Sf)=0.96GR-1.4 T=0.837GR-0.057 Sf=0.019GR+0.00
<u>E. signata</u>	22	65	13	-	-
<u>E. umbra</u>	22	75	3	-	-
<u>E. viminalis</u>	-	-	-	0,2	-
<u>E. dives</u>	-	-	-	0,3	-
<u>E. mannifera</u>	-	-	-	0,3	-
<u>E. cinerea</u>	-	-	-	0,4	-
<u>E. maculata</u>	-	-	-	0,5	-
<u>E. pauciflora</u>	-	-	-	0,8	-

(A) E. obliqua, E. cytellocarpa, E. viminalis, E. oaxteri, E. goniocalix, E. dives.

(B) E. rossi, E. maculosa, E. dives.

De : Lima y O'Loughlin (en imprenta)

Tabla 2

Interceptación

ESPECIES	CLIMA		ALTURA	DENS/ha	EDAD	TIEMPO DE OBSERVAC. (m)	CONFIABILIDAD	INTERCEPTACION (I) %	FLUJO DE TALLO (S) %	PRECIPITACION A TRAVES (T) %	REFERENCIAS	COMENTARIOS
	PRECIPITACION PROMEDIO	TEMPERATURA PROMEDIO										
<i>Eucalyptus</i> híbrido	1968	13.1°C	12.2	1658	6	12	baja	11.65	7.6	80.75	George M. (1978)	Dehra Dun. La más alta I en los meses de menor precipitación.
<i>Pinus roxburghii</i>	"	"	ap.13	1156	26	3	baja	27.0	3.3	69.7	Dabral and Subha Rao (1968)	Dehra Dun.
<i>Tectona grandis</i>	"	"	ap.21	472	-	3	baja	20.8	6.0	73.2	" "	Dehra Dun.
<i>Shorea robusta</i>	"	"	23.77	668	37	3	baja	38.2	7.2	54.6	" (1969)	Dehra Dun "Dease stands"
<i>Acacia catechu</i>	"	"	ap.18	574	27	3	baja	28.5	4.2	67.3	" "	" "
<i>Eucalyptus saligna</i>	1280	20°C	15.4*	1667	6*	24	buena	12.2	4.2	83.6	Lima (1976,6)	* = al comienzo del período 2-4. Sao Paulo.
<i>Pinus caribaea</i>	"	"	6*	1667	6*	24	buena	6.6	3.0	90.4	" "	* = " "
<i>E. híbrido (tereticornis)</i>	1000	*(48°C)	12.1	1068	5	12	buena	22.9	-	-	Banerjee (1972)	* = temp. máxima.
<i>E. camaldulensis</i>	600	9.2-30.0 ¹	11-14	1111	7-12	48	rel.alta	14.63	4.53	80.84	Karshon (1967)	1 mes más frío y más cálido. Datos más detallados en la pág. 9
<i>E. sp. (desigual, bosque maderable)</i>	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	Millett (1944)	Australia.
<i>E. niphophila</i>	-	-	-	-	-	-	-	100.77	-	-	Costin and Wimbush (1961)	Australia, subalpino.
<i>E. regnans (latizales)</i>	-	-	-	-	-	-	-	16.8-18.7	-	-	Karshon (1967)	" "
<i>E. regnans (rodales maduros)</i>	-	-	-	-	-	-	-	23.0-26.0	-	-	" "	" "
<i>Shorea robusta</i>	-	-	-	1678	-	-	-	25.3	-	-	Ray (1970)	Bengala Occidental. Referencia no encontrada.
<i>Alstonia scholaris</i>	-	-	-	1675	-	-	-	26.0	-	-	" "	Bengala Occidental.
<i>E. camaldulensis (bosque bajo)</i>	600	9.2-30.0 ¹	6.1	870	2	12	rel.alta	5.3	1.8	92.9	Karshon (1971)	(meses más frío y más
" "	600	9.2-30.0	-	"	3	12	"	4.6	1.3	94.1	" "	cálido. EL mismo lugar
" "	"	"	9.4	"	4	12	"	7.1	2.0	90.9	" "	que K.67)
<i>E. sp. (bosque natural)</i>	-	-	12.5	-	nat	17	alta	10.6	-	89.3	Smith (1974)	Nueva Gales del Sur
<i>P. radiata (rodal maduro)</i>	-	-	27	-	35	17	alta	18.7	-	81.2	" "	" "

ques de eucaliptos interceptan cerca de una cuarta parte de la precipitación, que al reevaporarse a la atmósfera, no alcanza a ser disponible para recargar la humedad del suelo o los acuíferos. Los valores tienden generalmente a ser mayores para pinos y quizás más bajos para árboles latifoliados, diferentes a los eucaliptos. Lee (1980) en su libro Hidrología Forestal, sugiere que las diferentes clases de plantas se ubican en el siguiente orden, de acuerdo con las cantidades de agua que interceptan: pinos > eucaliptos > otros árboles latifoliados > rastrojo > pastizales. Podría no ser imposible, estimar los valores de interceptación de las diferentes especies, partiendo del conocimiento de la morfología de sus hojas y del índice de área foliar para un rodal en particular (o sea la proporción del área foliar sobre el área del terreno).

Precipitación a Través y Flujo de Tallo

La precipitación que cae sobre el dosel del bosque puede dividirse en tres fracciones importantes: el agua que se intercepta y se evapora (pérdida por interceptación); aquella que resbala por el tronco (flujo de tallo); y la lluvia que pasa goteando por entre el follaje (cantidades pequeñas suelen también quedar almacenadas en el dosel). En todas las consideraciones de las relaciones hídricas de las plantaciones, las pérdidas por interceptación, descritas en la sección anterior, son las más importantes. La precipitación a través y el flujo de tallo representan la cantidad de lluvia que no se pierde para el lugar. Las Tablas 1 y 2 presentan estos valores para diferentes especies y circunstancias. Tanto la precipitación a través como el flujo de tallo recargarán el volumen de humedad en el suelo; el flujo de tallo, debido a que penetra muy cerca a la base del tronco, se pondrá en contacto inmediato con las raíces y muy seguramente se infiltrará más rápida y efectivamente. Aparte de lo anterior, las proporciones relativas de la precipitación a través y del flujo de tallo, no parecen tener mucha importancia.

Recarga de la Humedad del Suelo

Las secciones que siguen sobre recarga de la humedad del suelo, escorrentía superficial, corrientes de agua, agua subterránea y cuencas experimentales, están todas estrechamente interrelacionadas, pues todas tienen que ver con el destino del agua una vez que alcanza la superficie de la tierra. Pero se ha hecho un esfuerzo para separarlas en la discusión, con el fin de facilitar el seguimiento de la argumentación,

Karschon y Heth (1967), realizaron estudios relacionados con la recarga de suelos y acuíferos, en la Planicie Costera Central de Israel. Esta área experimental en Israel tiene un clima semiárido, con un promedio de precipitación, durante el período de estudio, de aproximadamente 600 mm., y un período seco de verano de 3 a 5 meses. El suelo es un limo arenoso rojo, limitado a los 120 cm. por un horizonte arcilloso de iluviación, no penetrado por las raíces. Se hizo la comparación de una plantación de E. camalduleasis (de 11 m. de altura) con un terreno descubierto; ambos sitios eran

planos. Los eucaliptos utilizaron toda el agua disponible. Durante la estación húmeda, la evapotranspiración fué proporcional a la cantidad medida en un tanque de evaporación, pero en la estación seca, la evapotranspiración fué ostensiblemente reducida. Se presume que si los árboles hubieran tenido acceso al agua subterránea, hubiesen seguido transpirando a un ritmo alto. La plantación nunca permitió agua sobrante para la escorrentía o el drenaje.

De otro lado, la vegetación de pastos y herbáceas de la parcela sin cobertura, utilizó menos agua y aproximadamente un 20% escurrió por la red de drenaje. No se registraron datos sobre erosión, aunque se estima que su valor fué insignificante a juzgar por lo aplanado de los sitios.

Ninguna comparación fué hecha con otras especies de árboles, introducidas o nativas, pero los autores comentan que las ratas anuales de evapotranspiración de los eucaliptos, fueron similares a las registradas por otros investigadores, para el chaparral de roble y el pino.

Los autores concluyen que la producción maderera de los eucaliptos (11.1 m^3 de incremento medio anual) "compensa ampliamente el valor de aquella parte del agua perdida y que podría haberse adicionado al volumen de agua subterránea". Esto es sin embargo un juicio relativo de beneficios económicos; otros deben opinar sobre los mismos en forma diferente, bajo otras circunstancias. Parece que en esta localidad, la producción de agua se redujo cerca de un 20% comparado con la producción de terrenos descubiertos; valor que corresponde bastante bien con aquellos que se mostraron antes para la interceptación. Es probable que una pérdida algo similar podría ocurrir bajo cualquier otro tipo de cultivo silvícola, aunque tal comparación no se hizo en el transcurso de estos experimentos.

Es evidente que bajo las mismas circunstancias, el aporte de una parcela carente de árboles, para el reabastecimiento del suelo y del agua subterránea, es significativamente mayor que el de una parcela cubierta con Eucalyptus.

Escorrentía Superficial

Agua que drena sobre la superficie del
suelo

Es escasa la información objetiva sobre la escorrentía en las plantaciones de eucalipto, aunque alguna inferencia puede hacerse de las mediciones de caudales; para obtener, a partir de ellos, evidencia indirecta en las variaciones de los picos de descargas y del flujo base.

Chinnamani y otros (1965), midieron la escorrentía superficial como un porcentaje de la lluvia, en un sitio con una precipitación anual de 1.340 mm.; situado en las

colinas Nilgiri, al sur de la India, durante un período de 7 años con 3 repeticiones. Los autores compararon pequeñas parcelas (0.02 ha) con 5 tipos de vegetación: plantaciones de E. globulus y Acacia mollissima; "Shola" (bosque submontano perennifolio); retama (Cytisus scoparius); y pastos nativos. La proporción de escorrentía del eucalipto y de la acacia fué similar a la del shola, un poco más del 1% exactamente; en la retama fué menor y la escorrentía de los pastos fué insignificante. Samraj y otros (1977) continuaron las mismas observaciones por tres años más, con resultados similares.

Corrientes de Agua

Mathur y otros (1976) compararon dos cuencas pequeñas (0.87 y 1.87 ha), cerca a Dehra Dun en el norte de la India; una de ellas cubierta con rastrojo natural y la otra plantada con una mezcla de E. grandis y E. camaldulensis. Las dos microcuencas se calibraron por un período de 8 años antes de que una de ellas fuera plantada, permaneciendo la otra como testigo. Tomando en consideración las diferencias encontradas durante el período de calibración (la pendiente de la cuenca plantada fué 5.1% y la de la otra 9.5%), la microcuenca aforestada mostró una reducción del 28% en su escorrentía y sus picos de descarga rebajaron en un 73%. Los eucaliptos fueron acompañados por una densa regeneración del rastrojo, y además, cerca de una quinta parte del área total de la microcuenca estuvo cultivada en el tiempo de la plantación. Estas condiciones pudieron influir, al menos en parte, sobre los resultados. Dentro de este mismo contexto, De la Lama (1982) comenta sobre la importancia de hacer terrazas en las plantaciones de eucalipto, para reducir la escorrentía superficial y aumentar la infiltración.

Bailly y otros (1974) realizaron un estudio supremamente detallado, sobre un área situada a una altura de 1.000 metros, al este de Madagascar. Los autores compararon 4 microcuencas fluctuando en tamaños de 7 a 100 ha : una con bosque nativo de montaña, dos con bosque secundario, y la otra con una plantación de E. robusta de 48 años de edad. Las observaciones se llevaron a cabo durante 8 años. Se encontró un menor flujo base total para la microcuenca con eucalipto y la proporción de los caudales de inundación, en promedio, 21% más altos. El coeficiente de escorrentía (caudal/precipitación) fué también mucho menor, indicando una menor cantidad de lluvia suministrada al caudal de la corriente : 4-19% para el Eucalyptus, comparado con 16-44% para el bosque nativo y 28-56% para el bosque secundario.

Los autores concluyeron que la menor escorrentía procedente del bosque natural y en particular del bosque de eucalipto, en comparación con la producida por el rastrojo, se originó por la mayor evapotranspiración; aunque la escorrentía de las crecientes es casi similar para los eucaliptos y el bosque natural, el caudal utilizable del primero es sólo alrededor de una tercera parte del procedente del bosque natural; concluyeron también que la vegetación del bosque natural reduce ampliamente los picos de crecida y amortigua la influencia de los caudales de inundación. Además declararon que la escorrentía mucho menor de los eucaliptos podría atribuirse a la creciente evapotranspiración, causada por la edad uniforme y el rápido crecimiento del rodal, comparado con el bosque natural maduro, p. ej. un mayor crecimiento conduce a una mayor

utilización del agua. Aunque es también posible que las microcuencas no fueran completamente impermeables.

Aguas Subterráneas

Cualquier tipo de vegetación arbórea transpira con rapidez, cuando sus raíces permanecen en contacto continuo con la capa freática (situaciones 2 y 4, Figura 2), y en consecuencia utilizan grandes cantidades de humedad.

Dos preguntas surgen: A) Es benéfico o perjudicial el uso de grandes cantidades de agua para alguna circunstancia determinada? ; y B) Utilizan los eucaliptos mayor cantidad de agua que los otros árboles en condiciones comparables?

La respuesta al primer interrogante es por supuesto que todo depende de las circunstancias.

Los eucaliptos se han utilizado regularmente para disminuir los niveles freáticos en terrenos pantanosos, ya sea para secar los suelos o para controlar los mosquitos. En este caso los efectos son benéficos y ciertamente alcanzan su objetivo. Pero cuando los eucaliptos ocasionan la reducción del volumen de un acuífero, que se utiliza aguas abajo para el consumo doméstico o la irrigación, muy probablemente los efectos deben considerarse como perjudiciales. En todos estos casos, es importante tener en cuenta la finalidad de la plantación (madera de construcción, postes, leña, sombrío, protección, etc), los diferentes usos que tiene el agua, y los beneficios y costos totales dentro del contexto socioeconómico local.

Son escasos los registros sobre la utilización del agua por los eucaliptos bajo condiciones ilimitadas de abastecimiento, y no fue posible encontrar alguna comparación de los eucaliptos con otros árboles. La información más relevante está contenida en Karschon y Heth (1967) y en Karschon (1970). En el primer documento, los autores mostraron que durante la estación húmeda (Octubre-Abril), la razón entre la evapotranspiración y la evaporación del tanque, fue en promedio 0.83-0.84 para un bosque de E. camaldulensis, aunque ocasionalmente sobrepasó este valor. Los registros de evapotranspiración excluyeron sin embargo, las cantidades de agua interceptada y presumiblemente re- evaporada por el dosel de copas; en tal virtud, la evaporación total pudo haber igualado o ligeramente excedido en muchas ocasiones, la evaporación medida en el tanque. En el verano, la humedad fue limitante y los árboles ejercieron control sobre la transpiración, restringiendo incluso la absorción de humedad.

En pruebas de irrigación, Karschon (1970) encontró un fuerte aumento en el crecimiento con agua suplementaria, aunque no ocurrió igual en el verano. El autor atribuyó este hecho a la reducción de la transpiración y a la condición de vida latente, causada por el verano; aunque cita a Soulères (1964), como habiendo obtenido respuestas significativas al agua de irrigación, en E. camaldulensis y E. gomphocephala, entre

Abril y Octubre (meses de verano), dando a entender que la transpiración no se reduce en esta época.

Se encontró muy poca evidencia sobre el consumo de agua de los eucaliptos, bajo condiciones naturales y sin limitaciones de humedad durante los meses de verano; tampoco existieron registros comparativos del eucalipto con relación a otros árboles, bajo tales condiciones. Las observaciones sobre transpiración, que se presentan más adelante, podrían sin embargo ofrecer alguna orientación.

Cinturones Protectores y Combinaciones Agroforestales

Los efectos de los cinturones protectores y de las diferentes combinaciones agroforestales son complejos. Ellos originan posibles cambios en la evapotranspiración y utilización del agua para los cultivos protegidos, así como en el uso del agua de los árboles protectores. Iguales consideraciones se aplican a los sistemas agroforestales.

Jensen (1983) examinó los efectos de los cinturones protectores. Estos actúan de manera diferente, ya sea en sitios secos o en áreas irrigadas, y varían de acuerdo con las condiciones climáticas. Por ejemplo, se ha observado que el trigo de las regiones secas del sur de Yugoslavia, utiliza el agua más rápidamente cuando el cultivo está protegido, que en una situación abierta - quizás a causa del aumento en crecimiento. Al contrario, en el centro de Senegal, la evaporación de un cultivo de arroz con protección, fué 40% menor que otro expuesto al secamiento de los vientos.

Sin embargo, Jensen no encontró información alguna sobre la utilización del agua por el cultivo y por los árboles, ni existe evidencia alguna para aceptar que los eucaliptos difieran en sus efectos de cualquier otra clase de árboles.

Las mediciones simples del consumo de agua no son suficientes en estos casos. Los beneficios que se reciben de las cosechas y de los árboles, y la eficiencia en el uso del agua para producir estos beneficios, son elementos que deben tomarse en cuenta; así como las otras demandas para usos alternos, que pudiesen también ser relevantes.

Cuencas Experimentales

El único estudio ampliamente satisfactorio sobre cuencas experimentales, implicando una especie de Eucalyptus, fué el presentado por Lill y otros (1.979). Esta fué una investigación sobre cuencas llevado a cabo en la Escarpa Oriental del Transvaal, en Suráfrica. La precipitación promedia anual durante el experimento fué 1.140 mm., correspondiente a un período inicial de pocas lluvias, que luego fué seguido por un

período de mayor precipitación (1.340 mm/año). La vegetación original era un pastizal estacionalmente seco (ocurriendo la estación seca de Mayo a Septiembre), con comunidades de bosques frondosos perennifolios, dispuestos en una faja estrecha a lo largo de los cursos de agua.

Los registros de caudales de las cuencas con cobertura de pastos naturales, comenzó en 1.956. Una de las microcuencas fué plantada con E. grandis en 1969 luego de 12 años de calibración, la segunda fué plantada con Pinus patula en 1971, y la tercera se mantuvo en su condición natural. Los análisis de regresión simple computados, mostraron que la aforestación con E. grandis ejerció una influencia notable a partir del tercer año después de su plantación, con una aparente reducción máxima del caudal, expresada como lluvia equivalente, entre 300 y 380 mm/año, y con una reducción máxima del flujo estacional, alrededor de 200-260 mm/año en el verano y 100-130 mm/año en el invierno.

Aproximadamente del sexto año en adelante, aún era bastante prematuro sacar conclusiones definitivas, sobre la influencia de la aforestación con Pinus patula, al igual que sobre los efectos relativos de las especies de eucalipto y pino seleccionadas. Los autores establecen en forma tentativa, que los efectos hidrológicos de la plantación de pino se presentan con una demora de un año con relación a los eucaliptos, y que la reducción del caudal es inicialmente mucho menor.

El documento también contiene observaciones valiosas, sobre la relación entre las pérdidas por transpiración y el comportamiento de un rodal forestal. En los primeros años de un rodal, la transpiración (y la pérdida por interceptación) aumenta con la edad, pero a medida que el rodal madura, ciertas variables, como el índice de área foliar, no aumentan indefinidamente y ocurren cambios fisiológicos. Es probable que los rodales de E. grandis, se comporten de manera similar a otros rodales forestales y que su evapotranspiración se relacione más a las variables dimensionales del rodal y a sus características fisiológicas intrínsecas, que a su edad absoluta. Se estima entonces, que la actual tendencia de los caudales de la microcuenca aforestada con E. grandis, no se mantendrá constante y que de hecho será muy probable un cambio completo en su trayectoria. Es previsible que ocurra un comportamiento análogo, para el caso de la microcuenca plantada con Pinus patula, aunque los cambios podrían ser menores.

Efectos Nocivos de la Remoción de un Bosque de Eucalipto

Para destacar el hecho de que la mayoría de los efectos ecológicos, sólo pueden evaluarse razonablemente dentro de un contexto socioeconómico determinado, es útil referir el efecto de la remoción de una cobertura de eucaliptos llevada a cabo en el Oeste de Australia. La cita fué tomada de Pereira (1973).

"Donde se talan los árboles de un bosque perennifolio, que utiliza el agua durante todo el año, para sembrar cultivos anuales de ciclo corto, puede ocurrir como resul

tado una gran reducción en el consumo de agua. En el Oeste de Australia, ha estado ocurriendo durante varios años, este cambio a gran escala en el uso de la tierra; con resultados hidrológicos realmente desconcertantes. Unos 120.000 km² de bosque ra lo natural seco, bajo un régimen de precipitación invernal de 400 a 600 mm. anualmente, fueron talados completamente, excepto sobre las orillas de los cauces y en las líneas de drenaje. Las especies dominantes del bosque eran Eucalyptus de raíces profundas. La tierra se está cultivando ahora en una rotación de trigo, con pastos y trébol anuales de ciclo corto. No existen pastos perennes capaces de sustentar el pastoreo y las ovejas sobreviven en la estación seca, comiendo los pastos anuales secos y las semillas del trébol. Con un verano seco y cálido, que registra una evaporación total anual para las superficies de agua libre de cerca de 2.000 mm., o sea de aproximadamente 4 veces la precipitación anual, es sin lugar a dudas sorprendente que pudiera notarse un sobrante de agua. Sin embargo, existen aguas subterráneas salinas debajo del piso del bosque; y donde éste se corta, el excedente de agua invernal sube el nivel freático y da origen a arroyos salinos que fluyen desde las laderas y se esparcen sobre las tierras bajas. Los árboles caídos y secos que se observan a lo largo de varios cientos de millas en la red de drenaje, ofrecen una impresionante señal del aumento continuo del cambio en el uso de la tierra, sin tomar en cuenta la hidrología.

"Se llevaron a cabo reconocimientos detallados de las tierras salinizadas en 1955 y de nuevo en 1.962. En este período de 7 años, se agregaron 720 km² a los terrenos ya salinizados, para totalizar en la actualidad 1.200 km², partiendo de una base de estimación más bien conservadora. Mucho más importante que la pérdida de tierras ha sido el efecto sobre la calidad del agua transportada por los ríos. La mayoría de las corrientes eran originalmente de agua dulce, en razón a que bajo las condiciones de cobertura boscosa, las aguas subterráneas salinas permanecieron confinadas bajo una capa de arcilla, más bien impermeable. Existen excepcionales registros de la calidad del agua, desde que la misma fué cuidadosamente recogida por los ingenieros del ferrocarril, a partir de 1880 hacia adelante. La salinidad del río Blackwood por ejemplo, fué analizada detalladamente en 1880, resultando sus aguas suficientemente aptas para el uso del ferrocarril. Por el año 1910, hubo una fuerte colonización y aclareo del bosque en las cuencas altas de este río para la producción de trigo, y ya para 1920, el agua llegó a ser demasiado salina para el uso de las locomotoras. En la actualidad el agua es demasiado salina, aún para la irrigación en general, y sólo podría usarse para cultivos tolerantes a la sal, como en el caso de los árboles de manzana. Las Autoridades Estatales recibieron estas evidencias como concluyentes y restringieron el aclareo de algunas cuencas, con el fin de proteger importantes fuentes de agua".

Sin embargo debe recalcar una vez más, que este efecto no es exclusivo de los eucaliptos, sino que, bajo estas mismas condiciones especiales, el resultado podría ser similar al remover cualquier clase de cobertura boscosa.

Discusión y Conclusiones

Interrogantes y Evidencias

Los interrogantes que se han tratado de establecer en esta revisión de literatura, son los siguientes:

Consumen más agua los eucaliptos que la vegetación que reemplazan, o más que otros cultivos alternos de árboles?

Tienen ellos un efecto nocivo sobre las características de las cuencas hidrográficas en comparación con otro tipo de vegetación, tal como los bosques naturales o los pastizales?

La evidencia examinada ha sido de dos clases: documentos científicos relacionados específicamente con observaciones e investigación, sobre los efectos de los eucaliptos en el ciclo del agua; y literatura general sobre la información más reciente, acerca de los principios de la hidrología de cuencas hidrográficas.

Los estudios más valiosos, son aquellos que intentaron analizar todo el sistema (los estudios sobre cuencas de Van Lill y otros, 1980), y la revisión general de literatura, sobre la hidrología de los bosques de eucalipto en Australia (Lima y O'Loughlin, en imprenta). La mayoría de los otros documentos tratan sólo pequeñas partes del proceso, casi todos se refieren a condiciones locales particulares, y muy pocos hacen comparaciones rigurosas entre los eucaliptos y otras especies de árboles o tipos de vegetación alternos. Sus resultados deben utilizarse en consecuencia con precaución, e interpretarse a la luz del gran conjunto de conocimientos generales acumulados recientemente, relacionados con trabajos sobre el sistema hidrológico y la hidrología de cuencas hidrográficas.

Conclusiones

Clima. Los efectos de la plantación de áreas extensas con eucaliptos, son probablemente similares a la cobertura con otro tipo de vegetación de igual estructura y albedo. Muy probablemente serán benéficos, si con ello se reemplazan terrenos desnudos. Donde existe circulación de nieblas bajas, los eucaliptos al igual que cualquier otro tipo de árboles, recogerán cantidades adicionales de precipitación. No existen pruebas definitivas sobre los efectos específicos de los eucaliptos sobre el clima.

Microclima. Podrían existir diferencias en el microclima que ocurre dentro de las plantaciones de eucalipto, comparada con la de otras especies de árboles, porque son perennifolios y de follaje claro. Pero no hay evidencia sobre esta materia.

Interceptación. En cualquier bosque, la interceptación representa la pérdida de agua más importante de todo el sistema. Esto se debe a que la mayoría del agua interceptada, se volverá a evaporar sin alcanzar el suelo. Esto, sin embargo, puede ayudar a reducir la cantidad de humedad del suelo que remueven las raíces de los árboles, para su transpiración posterior. Existe una gran cantidad de información sobre inter

ceptación. En términos generales, los eucaliptos parecen interceptar entre un 11% y un 20% de la precipitación. Este valor es menor que en los pinos, pero superior a la vegetación baja. Los resultados de la comparación de los eucaliptos con otras especies de frondosas, son contradictorios.

Escorrentía Superficial. Existen pocos registros comparativos. El volumen de escorrentía depende de la presencia de hojarasca y vegetación de sotobosque, lo cual evidentemente, varía en gran medida de acuerdo con el clima. La poca evidencia disponible sugiere que la escorrentía de las plantaciones de eucalipto, es mayor que la procedente de los pastizales o del rastrojo bajo. El sotobosque de las plantaciones de eucalipto es disperso en los climas secos, debido a la competencia radicular, y quizás a efectos alelopáticos. Los incendios, a los cuales son en especial propensos los eucaliptos, agravarán la situación anterior al destruir tanto la hojarasca como el sotobosque.

La influencia de los eucaliptos sobre la escorrentía, se refleja también en los altos picos de descarga y en el reducido flujo base de las cuencas donde crecen. Estos efectos adversos pueden atenuarse, sin embargo, con la construcción de terrazas - práctica que es igualmente benéfica para el establecimiento y desarrollo de los eucaliptos, sobre sitios secos y pendientes.

Consumo de Humedad y Recarga de Acuíferos. Estos efectos fueron bien resumidos por Lima y O'Loughlin (en imprenta), de donde se extractan los siguientes párrafos:

La propagación lateral y la profundidad de penetración del sistema radicular de los eucaliptos, varía con cada especie y tiene mucho que ver con la intensidad de absorción del agua. La extracción de la humedad del suelo, depende también de la densidad del rodal y de las condiciones edáficas y ambientales. Bajo las condiciones del bosque esclerófilo seco alpino, el régimen de humedad de los suelos no difiere entre un bosque de eucalipto, un pastizal, o un terreno con herbáceas.

En regiones de suelos más profundos y con regímenes de más alta precipitación, el déficit de humedad del suelo, originado por los bosques de eucalipto, parece ser de 250 mm/año para la región. Lo anterior significa que los terrenos plantados con eucaliptos, podrían dejar de entregar aproximadamente 70 mm/año a los caudales o al recabastecimiento de las aguas subterráneas, en comparación con las tierras de cultivo o los pastizales. Estudios comparativos, mostraron que todo el régimen de humedad del suelo en los bosques de eucalipto, no difiere del observado para las plantaciones de pinos.

Los efectos de las plantaciones de eucaliptos sobre las reservas de humedad del suelo, comienzan a aparecer a la edad aproximada de 4-6 años; después de la cual, el déficit de agua durante el año generado por la plantación, es similar al observado para un bosque maduro.

Las tasas de transpiración difieren entre las especies de eucaliptos, fluctuando aproximadamente entre 20 y 40 litros/árbol/día. La tasa de evaporación del bosque

de eucalipto en condiciones de campo, es más difícil de controlar, aunque parece que varía entre 1.5 mm/día en el invierno, hasta 6.0 mm/día en el verano.

Algunas especies de eucalipto, no desarrollan mecanismos para controlar las altas tasas de transpiración y probablemente sufren problemas de sequía, limitando así su rango de tolerancia ambiental. Sin embargo, la mayoría de las especies de eucalipto controlan en alguna forma su tasa de transpiración, favoreciendo la supervivencia, en tan tensionante sequía, durante parte de cada año; lo cual además, está aparentemente relacionado con los regímenes de precipitación de sus ambientes naturales.

La evapotranspiración promedio de una cuenca, con una buena existencia de bosques de eucalipto, es probablemente cercana a 1.000 mm/año, para un régimen de lluvias superior a los 1.200 mm/año. Para regiones más secas, la evapotranspiración también disminuye alcanzando quizás un valor de 450 mm/año, cuando el régimen de lluvias es del orden de 500 mm/año. Para regiones más húmedas, la evapotranspiración aumenta y alcanza eventualmente un valor de 1.500 mm/año, para bosques tropicales de eucalipto en las latitudes más bajas. Estudios comparativos muestran que el promedio anual de la evapotranspiración en plantaciones de pino, tiene el mismo orden de magnitud que el observado para los bosques de eucalipto.

Se encontró que un bosque joven, vigoroso y denso de regeneración de E. regnans, produjo menos agua que un bosque maduro. A la edad de 21 años, se encontró que la diferencia en la producción de agua era alrededor de 200 mm/año; aunque la producción de las cuencas tendió a igualarse, a medida que maduraba la regeneración.

El aclareo y el corte selectivo en un bosque maduro de eucalipto, puede reducir el consumo de agua y aumentar el caudal. La tala rasa de un bosque húmedo climax de eucalipto, aumenta el caudal en un valor promedio aproximado de 400 mm/año. El efecto de la tala rasa sobre la producción de la cuenca, es máximo durante el segundo año después del corte.

De otro lado, el corte de extensos bosques de eucaliptos, puede aumentar considerablemente la producción de agua de una cuenca y elevar los niveles freáticos en las tierras planas, aguas abajo.

Conclusiones Generales y Guías de Acción

La plantación de extensos bosques de eucalipto en cualquier cuenca deforestada, reducirá sustancialmente la producción de agua de esa cuenca, y la tala de estos bosques la aumentará. El efecto de los eucaliptos sobre la reducción de la producción de agua, es probablemente menor que el de los pinos y mayor que el de otras especies de frondosas; pero todas las especies arbóreas, reducen la producción de agua en mayor proporción que el rastrojo y el pasto.

En consecuencia, cuando es importante la producción de agua de la cuenca o el estado de la capa freática en las tierras bajas adyacentes, debe considerarse muy cuidadosamente la situación antes de realizar grandes programas de repoblación forestal o de deforestación.

Los efectos de los eucaliptos sobre la escorrentía, y obviamente sobre la erosión (ver más adelante), varía ampliamente de acuerdo con las condiciones del clima local, la pendiente, y con el uso del sotobosque y la hojarasca por la población local. Es una función entonces, de la protección que el sotobosque y la hojarasca suministran al suelo, y en tal virtud, las diferencias entre los eucaliptos y otros árboles dependen del efecto de las diferentes especies de árboles, sobre la presencia de esta vegetación inferior y de los residuos orgánicos. El manejo de las plantaciones, los aclareos, etc., sobre pendientes pronunciadas y erosionables, debieran favorecer la vegetación de sotobosque y la acumulación de hojarasca; protegiendo a la vez el piso forestal de los incendios y de la recolección de la hojarasca. El aterrazamiento puede compensar la falta de una buena cobertura del piso.

Deben evaluarse cuidadosamente las ventajas de las plantaciones de eucaliptos, los costos y beneficios de cada alternativa, prestando especial atención a las características ecológicas del lugar, a la importancia de la producción hídrica de la cuenca afectada, y al conjunto de necesidades locales, en cuanto a los productos forestales y al agua.

EROSION

Erosión Hídrica

Casi no existe en la literatura, evidencia experimental que compare la erosión del suelo bajo eucaliptos y bajo otros tipos de vegetación. Chinnamani y otros (1965), trabajando en Nilgiris, India (véase antes en sección sobre Escorrentía), encontraron pérdidas de suelo insignificantes bajo rastrojo, retama, pastizal, y plantaciones de Eucalyptus globulus y Acacia mollissima; excepto, inmediatamente después de la preparación del terreno para plantación y después del aclareo. Mathur y otros (1976), midieron las pérdidas de suelo en los experimentos ya relatados anteriormente, en la sección sobre "caudales"; la variabilidad en los resultados obtenidos fué, sin embargo, demasiado grande para sacar conclusiones definitivas.

Poco puede agregarse entonces, a la discusión de Harcharik y Kunkle (1978) sobre la materia. A continuación, se presenta un resumen adaptado de su informe.

La mayoría de los eucaliptos no son árboles adecuados para el control de la erosión. Cuando están jóvenes son muy susceptibles a la competencia de los pastos, y para obtener un buen crecimiento, requieren el desmalezamiento durante el período de establecimiento, lo cual es indeseable sobre terrenos pendientes o erosionables. Inclusive, los rodales maduros pueden ser poco efectivos para detener la escorrentía superficial.

Stein (1952) observó, por ejemplo, que en áreas pendientes y secas, plantadas con Eucalyptus globulus, el sotobosque desarrollado y la hojarasca acumulada fueron insuficientes para prevenir la escorrentía superficial. El E. globulus es una especie de rápido crecimiento, con un vigoroso desarrollo de las ramas, que provee una sombra abundante pero poca hojarasca. Tiene además una gran demanda de humedad en plantaciones densas, y un excepcional sistema radicular tupido y extenso, capaz de competir exitosamente en la extracción de la humedad disponible en el suelo, especialmente con plantas más pequeñas y de raíces superficiales. Lo anterior podría ser de poca importancia en regiones húmedas, tales como ciertas partes del Sur de la India, donde el sotobosque sobrevive bastante bien bajo el E. globulus; pero donde la precipitación es menor de 750 mm., la falla en el crecimiento del sotobosque, agravado con un débil desarrollo del piso forestal, quedará el suelo expuesto a la escorrentía. Bajo estas condiciones, Stein (1952) recomendó entresacar los rodales densos, plantar con un mayor espaciamiento (187-231 árboles por hectárea), o irrigar para estimular el crecimiento del sotobosque.

Como consecuencia, no se suelen recomendar las plantaciones densas de eucaliptos para el control de la erosión, especialmente para climas semiáridos; excepto donde la producción de residuos orgánicos compensa la falta de un sotobosque vigoroso, o donde la plantación va acompañada con trabajos de ingeniería o cultivos de cobertura. (En

muchos lugares sin embargo, la población recoge los residuos orgánicos para combustible, o se retiran para reducir el peligro de incendios. Se tienen informes verbales sobre raíces de eucaliptos, que aparecen levantadas muchos centímetros sobre la superficie del suelo, a causa de la erosión laminar o de la erosión eólica, bajo estas condiciones).

Sin embargo, donde se emplazan estructuras para la retención de aguas y suelos, los eucaliptos se siembran algunas veces sobre terrenos pendientes y propensos a la erosión. Para regiones semiáridas, Goor y Barney (1976) recomiendan el uso de E. camaldulensis, E. hemiphloia y E. occidentalis. Para la Meseta de Mambilla, más húmeda, (1.500-2.000 metros de altura) en Nigeria, Fox (1977) recomienda el híbrido E. grandis (con E. saligna), para un rápido cubrimiento del sitio y para la producción de grandes volúmenes de madera, cuando se planta acompañado de zanjas de contorno, sobre áreas erosionadas y pendientes.

Cinturones Protectores y Erosión Eólica

Como se mencionó anteriormente, los eucaliptos se plantan frecuentemente en cinturones protectores, y en tal virtud, brindan alguna protección contra la erosión eólica. Sin embargo, por ser éste un fenómeno puramente físico, sus efectos dependen únicamente de las condiciones físicas del lugar y del rompiente. Las especies utilizadas no ejercen ninguna influencia sobre los resultados, excepto claro está, en cuanto a las diferentes características que tengan las distintas especies. Los efectos de los cinturones protectores para controlar la erosión del suelo fué estudiada por Jensen (1983), documento al que se remite el lector para mayor información.

NUTRIMENTOS

Introducción

Es imposible incluir en esta sección una descripción completa sobre los suelos y el ciclo de nutrimentos; pero al igual que en el caso del agua, es necesario explicar algunos de los conceptos generales de la circulación de los elementos nutritivos en un ecosistema, antes de comprender los posibles efectos de la introducción de una plantación de Eucalyptus dentro del mismo sistema. Se presentará entonces, un modelo sencillo sobre la contabilidad de los principales elementos minerales, a excepción del nitrógeno, de importancia para la nutrición vegetal (P, K, Mg, Ca, S y otros oligoelementos importantes). Esencialmente todos ellos se comportan de igual manera. Luego se explicará, como difiere la contabilidad del nitrógeno de este patrón general. Para simplificar, será desarrollado el modelo para un ecosistema en estado de equilibrio dinámico, el cual no está siendo intervenido por el hombre. Es relativamente simple entonces, usarlo para mostrar los diferentes efectos que se introducen por las actividades humanas.

La Figura 3, ilustra los varios aportes y pérdidas de los elementos minerales. La biomasa (las plantas y animales vivos), junto con el suelo, pueden considerarse como un banco de minerales. (Existe también un ciclo interno dentro de este banco, al cual se hará referencia más adelante; mientras tanto, se tratarán solamente las entradas y salidas del sistema).

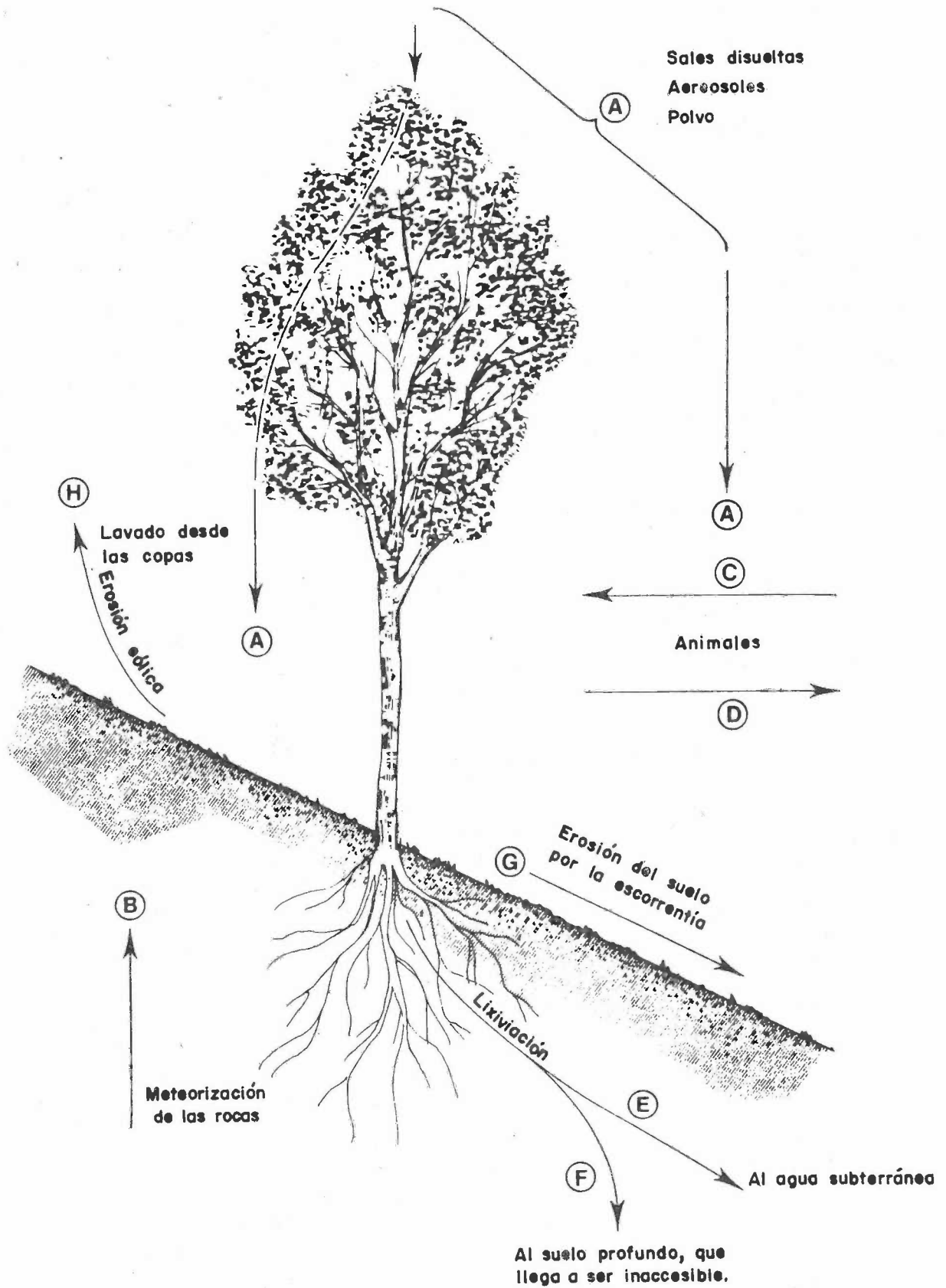
Existen dos fuentes principales de suministros:

- (1) De la atmósfera (A), en forma de sales disueltas, aerosoles o polvo en suspensión, aportados por la precipitación que cae, ya sea directamente del aire o transportadas desde las partes de las plantas, donde fueron previamente depositadas. (Los árboles, a causa del área y disposición de su follaje, son especialmente efectivos para atrapar diversas cantidades de sólidos y aerosoles, que circulan dentro del dosel).
- (2) De la meteorización física y química de las rocas que constituyen el material parental del suelo (B). Adicionalmente, los animales que circulan dentro del área pueden introducir nutrimentos, en forma de excrementos o como despojos orgánicos (C). (Los aportes de fósforo bajo los refugios de las aves pueden agregar cantidades significativas). En la misma forma, los animales pueden sacar minerales (D) al moverse fuera del área.

Las principales salidas de los minerales son las siguientes:

Fig. 3

ENTRADAS Y SALIDAS DE MINERALES (excluido el nitrógeno)



- (1) Debido al lavado (lixiviación) del suelo por el agua lluvia que se infiltra, caso en el cual, los minerales salen del sistema en las aguas subterráneas (E) o descienden a niveles del suelo inaccesibles (F).
- (2) Debido a la remoción por el agua que fluye sobre la superficie, ya sean disueltos en la escorrentía o transportados con el suelo erosionado (G).
- (3) Debido al arrastre del suelo superficial por la erosión de los vientos (H).

La naturaleza de la cubierta vegetal afecta todos estos procesos, y su relativa importancia varía mucho de acuerdo con las circunstancias.

Dentro del sistema ocurre también una circulación de los nutrimentos. Las raíces extraen los minerales del suelo. Una pequeña cantidad puede también ser absorbida por las hojas directamente de las aguas lluvias; aunque su magnitud es generalmente sobrepasada, en alto grado, por los nutrimentos que llegan al suelo disueltos en el agua lluvia, procedentes del lavado del follaje. Las hojas, las ramas, las flores, los excrementos y otros despojos orgánicos, caen sobre el piso y allí se mineralizan por la acción de los organismos que activan su descomposición (hongos, bacterias y otros similares); los minerales entonces, de nuevo disponibles, son una vez más absorbidos por las raíces de las plantas. El efecto de la materia orgánica sobre la estructura del suelo, es de suma importancia para determinar las cantidades de elementos básicos disponibles para el crecimiento de las plantas.

Estos son los conceptos esenciales sobre el banco de minerales dentro de un ecosistema, y sobre la circulación de estos mismos minerales entre la biomasa y los horizontes del suelo. Una complicación adicional se introduce al considerar el hecho de que algunos minerales (principalmente el hierro y el fósforo) pueden inmovilizarse dentro del suelo, perdiendo su disponibilidad para el desarrollo de las plantas. Por esta razón y a causa también de la gran dificultad para obtener mediciones precisas sobre las tasas en que se liberan los minerales, por la meteorización de las rocas, es muy difícil determinar en cualquier momento la cantidad exacta de los elementos minerales disponibles, o potencialmente utilizables para el crecimiento de las plantas. Lo anterior incorpora un elemento de incertidumbre, en todos los estimativos y predicciones que se plantean más adelante dentro de esta sección.

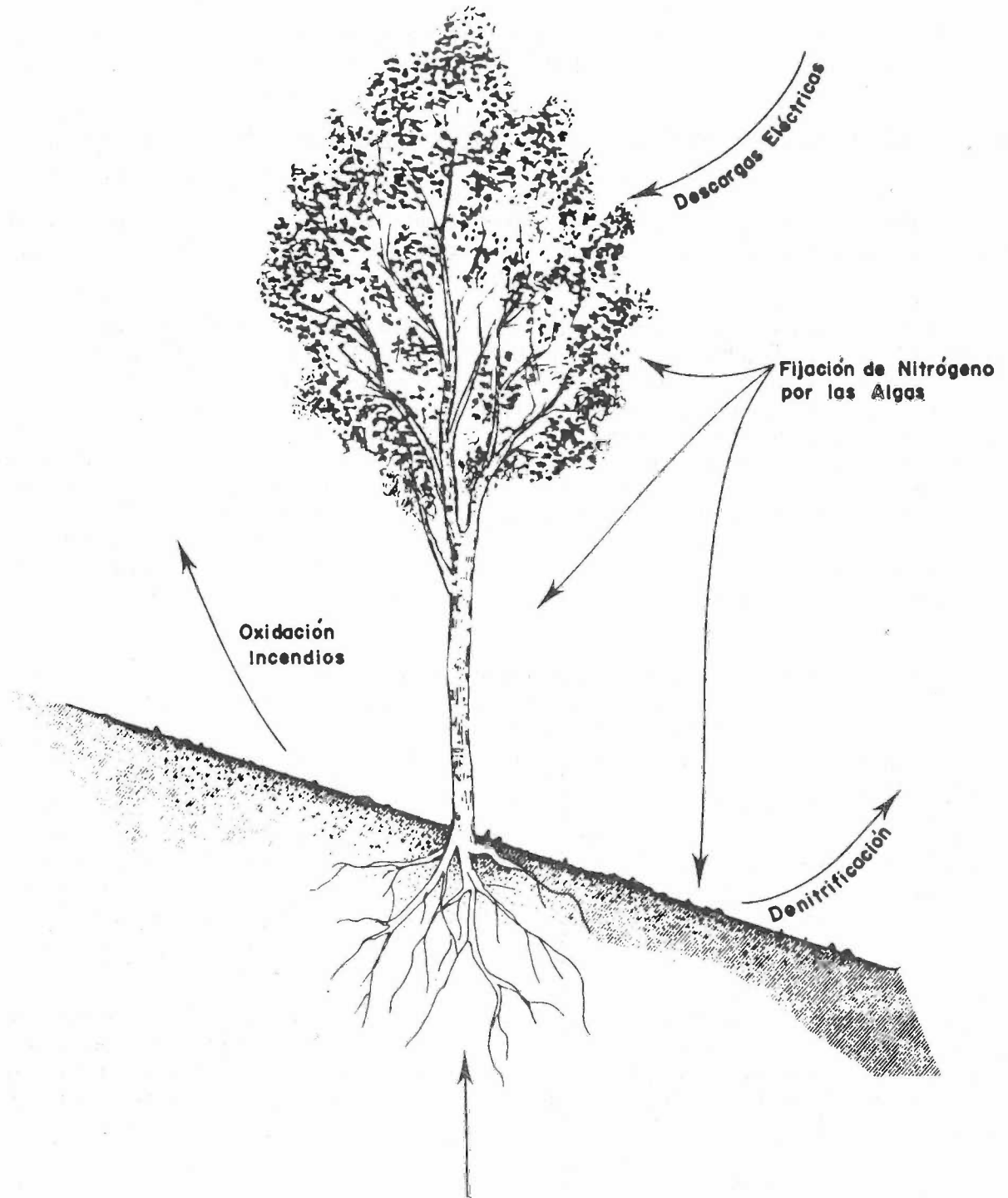
Todos estos procesos ocurren también para el caso del nitrógeno, pero existen complicaciones adicionales en su ciclo, debidas en su mayor parte al hecho de que este elemento puede ingresar o salir del sistema, no sólo en forma iónica (como nitratos, nitritos o iones de amonio) sino también como nitrógeno gaseoso, óxido nitroso y amoníaco (Ver Figura 4).

Los principales aportes adicionales son:

- (1) Los nitratos, que pueden sintetizarse del nitrógeno libre en los nódulos bacte

Fig. 4

SALIDAS Y ENTRADAS ADICIONALES DE NITROGENO



Fijación de N por los Nódulos de las Raíces

riales de las raíces de algunas especies de plantas, principalmente las pertenecientes a la familia Leguminosae y a los géneros Alnus y Casuarina. Los nitratos también pueden producirse por ciertas algas verde azules.

- (2) Los compuestos nitrogenados, que al parecer se sintetizan del nitrógeno libre por las tormentas eléctricas y llegan al sistema a través de la precipitación. Soderlund, citado por Anon (1981), analiza la cantidad de nitrógeno disponible en todo el mundo, procedente de depositaciones húmedas y secas.

Las principales pérdidas adicionales son:

- (1) Por la oxidación de la materia orgánica sobre la superficie del suelo, ya sea por su exposición a temperaturas elevadas, por la luz directa (p. ej. cuando el bosque es aclareado), o por los incendios.
- (2) Por el proceso de denitrificación en el suelo, bajo condiciones anaeróbicas, mediante el cual se libera el nitrógeno en forma gaseoso o como óxido nitroso.

El volumen y estado de la materia orgánica en el suelo, es importante para determinar si el nitrógeno que contiene puede ser absorbido por las raíces de las plantas.

Posibles Efectos de los Eucaliptos sobre el Balance de Nutrientes

Se han considerado una serie de posibles efectos de las plantaciones de eucaliptos sobre el balance de los nutrientes. Una crítica común sobre los eucaliptos, es la relacionada con el agotamiento de los nutrientes en el lugar donde crecen, especialmente cuando se han desarrollado y cosechado durante varios turnos. Esta es por su puesto una observación general, que puede aplicarse a todas las especies forestales de rápido crecimiento, incluyendo los Eucalyptus. Cuán válida es esta crítica? Existe alguna evidencia sobre los eucaliptos de ejercer demandas especiales sobre los nutrientes? . Se ha sugerido también a los eucaliptos como propiciadores de la pérdida de nutrientes, al estimular el aumento de la escorrentía y la pérdida de suelos, por la erosión hídrica y eólica.

De otro lado, la acción de los eucaliptos se ha reivindicado como mejoradores de las condiciones del suelo, cuando se plantan sobre sitios deforestados o degradados, al promover la estructura de la superficie del suelo, romper capas del subsuelo relativamente impermeables y extraer nutrientes a mayores profundidades. Existe algún fundamento para estas reivindicaciones?

Concentración de nutrimentos en el Flujo de Tallo,
 la Precipitación a Través y la Lluvia directa.

	ELEMENTOS NUTRITIVOS (ppm)				
	K	Ca	Mg	N	P
Flujo de Tallo	3.07	3.01	0.19	0.18	0.07
Precipitación a Través	0.70	0.65	0.15	0.15	0.01
Lluvia Directa	0.31	0.35	0.15	0.10	0.01

De: George (1979)

Tabla 4

Suministro nutrientes a través del Flujo de Tallo,
 la Precipitación a Través y la Lluvia directa.

	ELEMENTOS NUTRITIVOS				
	K	Ca	Mg	N	P
Flujo de Tallo	3.9	3.8	0.2	0.2	0.1
Precipitación a Través	9.4	8.8	2.0	2.0	0.1
Total	13.3	12.6	2.2	2.2	0.2
Lluvia directa	5.2	5.9	2.5	1.7	0.2
Gran Total	18.5	18.5	4.7	3.9	0.4

De: George (1979)

Efecto sobre los Aportes

Existen pocas pruebas concluyentes del efecto sobre los aportes a través de la precipitación. George (1929) estimó los nutrientes contenidos en la lluvia, el flujo de tallo y la precipitación a través, en una plantación de un híbrido de Eucalyptus en Dehra Dun, al Norte de la India. Los datos sobre concentración de nutrimentos se presentan en la Tabla 3 y los suministros totales en kg/ha/año se muestran en la Tabla 4. Se observará que la concentración de sales en el flujo de tallo y en menor extensión en la precipitación a través, es mayor que en el agua de lluvia, aunque es incierto conocer si estas cantidades adicionales provienen del lavado del follaje (es decir de la circulación interna), o del lavado de los aerosoles y del polvo de las hojas (en este caso un aporte). Sin embargo Attiwill (1966), en un estudio realizado sobre un bosque maduro de E. obliqua, en la Gran Cadena Divisoria del Sureste de Australia, concluye que la contribución principal resultó del lavado de los nutrimentos desde las hojas.

Lima (1975) comparó la influencia del E. saligna y el Pinus caribaea var caribaea sobre la calidad del agua, medida por su conductividad, color y turbidez, y encontró una mayor alteración en el eucalipto que en el pino, y más en el flujo de tallo que en la precipitación a través. El flujo de tallo puede tener una importancia especial, al entregar directamente los nutrimentos en la zona de alimentación de las raíces.

La Tabla 5 presenta valores estimados de los aportes de elementos dentro de la lluvia y de las cantidades de elementos liberados por la meteorización del granito, ambos de Australia. Estos valores ilustran el orden de magnitud de los posibles aportes. En la Tabla 7 se muestran otros registros de entradas, comparados con las pérdidas a través de los caudales; estos datos se discutirán más adelante. No se dispone de evidencias acerca de los aportes procedentes de animales ni de comparaciones entre los eucaliptos y otros árboles.

Lima y O'Loughlin (en imprenta), presentan evidencias importantes sobre la interacción de la lluvia con el dosel de copas. La tabla 6 compara el contenido de nutrimentos de la lluvia directa, de la precipitación a través y del flujo de tallo, para cuatro tipos diferentes de bosques de eucalipto. Se puede observar que existe un enriquecimiento consistente de la lluvia, luego de pasar a través del dosel, especialmente en sodio y potasio. El sodio que se lava representa cerca de dos veces la cantidad que se encuentra en la hojarasca, y el potasio a su vez, representa 1.3 veces la misma cantidad. Este proceso es evidentemente importante en la circulación interna de los elementos dentro del ecosistema; aunque por supuesto, sólo la precipitación y el lavado de las partículas originan un ingreso neto de nutrimentos.

Efectos sobre las Pérdidas

La única evidencia disponible proviene de los bosques nativos de eucalipto, pero exis

Tabla 5

Entradas de elementos nutritivos a Los ecosistemas forestales mediante la lluvia y la meteorización del granito

ELEMENTO	REGISTRO DE LA FLUCTUACION DE VALORES POR APOORTE DE ELEMENTOS EN LA LLUVIA EN AUSTRALIA (kg.ha ⁻¹ . año ⁻¹)	ELEMENTOS LIBERADOS POR LA METEORIZACION DEL GRANITO (kg.ha ⁻¹ . año ⁻¹)
Na	2 111	9
K	03 14	9
Mg	03 15	2
Ca	08 35	6
Cl	2 180	0.06
NH ₄ N	07 2	
NO ₃ N	03 1	
P	01 03	0.07
Mn		0.11

De: Hingston, F.J. (1977)

Tabla 6

Lavado de nutrimentos del dosel de copas de bosques de eucalipto por la lluvia (P= lluvia, T=precipitación a través, S= flujo de tallo)

ESPECIES	PROCESO	kg. ha ⁻¹ . año ⁻¹					
		K	Ca	Mg	Na	SO ₄	P
<u>E. signata- E. umbra</u>	P	3.4	3.2	5.9	5.0	9.6	-
	T	8.5	14.0	7.2	44.0	17.0	-
	S	0.9	0.8	1.1	8.1	0.7	-
<u>E. melanophloia</u>	P	2.6	1.9	0.7	3.7	-	0.1
	T	22.1	9.3	8.1	6.4	-	0.5
	S	0.7	0.5	0.5	0.2	-	0.01
<u>E. obliqua</u>	P	4.2	1.3	1.4	17.9	-	-
	T	15.4	6.3	6.0	37.2	-	-
<u>E. obliqua</u>	P	2.0	2.7	5.4	16.8	-	-
	T	13.4	8.0	7.3	25.4	-	-

De: Lima y O'Loughlin

ten claras dificultades para la extrapolación de estos resultados a otras plantaciones; debido especialmente a que las operaciones forestales (entresacas, construcción de caminos, etc.) podrían conducir a la pérdida acelerada de nutrimentos por la erosión. Lima y O'Loughlin (en imprenta) examinaron la información sobre la calidad del agua que drena de algunas cuencas pobladas con bosques naturales de eucalipto, concluyendo que la calidad es usualmente alta. La misma depende ampliamente de las propiedades geológicas y de los suelos, más que del tipo de vegetación. En las cuencas caracterizadas por suelos permeables, la calidad del agua varía poco con el rango de caudales; en cuencas con suelos menos permeables la calidad varía con la descarga, reflejando las diferentes proporciones de flujo base y de escorrentía superficial. Existe también un peligro de erosión laminar procedente de áreas de suelos descubiertos, en los bosques secos de poco desarrollo. Ocasionalmente sin embargo, la composición del bosque ejerce influencia sobre la calidad del agua. Un bosque de E. diversicolor, cuyos abundantes residuos orgánicos son ricos en bases totales, produjo agua con un mayor pH que el bosque de E. marginata y E. wandoo.

La Tabla 7 muestra algunos valores comparativos de aportes y pérdidas en cuencas bajo diferentes tipos de bosques. Existe poca consistencia en estos valores. Al considerar valores comparativos de otras partes del mundo, los autores expresa: "En términos generales, la salida de nutrimentos excede a las entradas, aunque el balance varía para los diferentes cationes. La variación en las entradas está relacionada con la ubicación geográfica de la cuenca. La variación en las salidas estará en correspondencia con las características de la cuenca y la cobertura vegetal. Para una cuenca en particular, el balance de algunos nutrimentos variará también de año en año. La comparación del balance de nutrimentos de las plantaciones de eucalipto con datos mundiales, presentados en la Tabla 7, muestra un resultado conservador y refleja una condición estable ejercida por el ecosistema de eucaliptos no intervenido".

Efectos de los Eucaliptos sobre la Calidad del Suelo - Sin Aprovechamiento

Como se explicó en la introducción, se podría esperar una gran variación en los efectos, relacionada con el tipo de vegetación donde se establecen las plantaciones. Los eucaliptos pueden utilizarse ocasionalmente para reemplazar bosques primarios en estado clímax (p. ej. E. deglupta en lugar de bosques de dipterocarpo en Mindanao, Filipinas); pueden plantarse en lugar del bosque nativo aprovechado, como un cultivo potencialmente más productivo (p. ej. en sustitución del sal, Shorea robusta, en el norte de la India); pueden emplearse para repoblar tierras deforestadas y degradadas (como en los Andes Peruanos); o pueden incorporarse dentro de las tierras agrícolas. Todas estas circunstancias son diferentes. Si a esto se agrega el amplio rango de condiciones climáticas, de suelos y de especies de eucaliptos, llegaría a ser interminable el cúmulo de respuestas para el simple interrogante: Qué efecto producen los eucaliptos sobre la fertilidad del suelo?

Cuando se cosechan las plantaciones, la situación es de nuevo bastante diferente. Los efectos de las entresacas se discutirán en una sección más adelante, en forma se parada.

Tabla 7

Entrada de elementos nutritivos a la cuenca en la precipitación (R)
y salida en el caudal (Q), para algunos bosques de eucalipto
(kg. ha⁻¹ . año⁻¹)

ESPECIES	Ca		Mg		K		P		Na	
	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q
<u>E. obliqua</u> esclerófilo (A) seco	2.6	0.2	5.4	3.6	2.0	2.0	0.01	0.02	-	-
	3.2	0.4	1.1	1.1	1.8	0.3	0.01	0.01	2.8	2.7
<u>E. obliqua</u> esclerófilo (B) seco-húmedo	1.3	0.2	1.4	3.6	4.2	2.1	-	-	17.9	19.8
	7.0	7.1	1.5	4.5	-	-	0.33	0.26	2.5	15.9
<u>E. regnans</u> (C)	6.6	10.3	2.6	4.9	2.9	7.5	0.15	0.12	12.4	20.4
<u>E. regnans</u> (D)	6.6	16.8	2.6	7.4	2.9	8.7	0.15	0.15	12.4	32.8

(A) E. radiata - E. viminalis - E. mannifera

(B) E. radiata - E. dives - E. delegatensis - E. pauciflora - E. dalrympleana

(C) 60% antiguos , 16% rebrote

(D) Antiguos

De: Lima y O'Loughlin

La FAO, en colaboración con IUFRO, inició un estudio en los años cincuentas y comienzo de los sesentas, cuyas conclusiones fueron presentadas por Anon (1.966) y Giulimondi (1959). Karshon (1961) elaboró una revisión de literatura en esa ocasión. La investigación fué llevada a cabo en Italia, Marruecos y España, mayormente en lugares previamente carentes de árboles, sobre los siguientes aspectos:

- A. Extracción de los minerales del suelo.
Distribución de los principales elementos minerales en las diferentes partes del árbol.
Inmovilización y extracción por el rodal de eucaliptos y comparación de estas acciones con otros cultivos bajo las mismas condiciones.

- B. Influencia del rodal de eucalipto sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos.
Acumulación y desarrollo de la hojarasca.
Ciclo de los elementos minerales.
Desarrollo del humus.
Influencia sobre la microflora.

Anon (1966), presentó un listado de todas las publicaciones revisadas en el estudio y estableció las siguientes conclusiones:

"Se puede afirmar que aún sobre suelos relativamente infértiles, la distribución de los minerales en los árboles de eucalipto es de poca importancia (sic).

La descomposición de la hojarasca produce un humus mullido (tipo "mull"), el cual aún sobre suelo arenoso permeable, no dá lugar a ningún fenómeno visible de drenaje de las bases o de acidificación.

La microflora del suelo no parece afectarse considerablemente por el rodal de Eucalyptus".

Los trabajos posteriores se relacionaron con tres aspectos:

- Los efectos de los eucaliptos en sitios previamente carentes de árboles;
- comparación con plantaciones y bosques ordenados de sal (Shorea robusta);
- comparación de los eucaliptos con plantaciones de pinos.

Eucaliptos sobre Sitios sin Previa Cobertura Boscosa

Los eucaliptos se han utilizado ampliamente para la aforestación de terrenos previamente carentes de árboles, a causa de su generalizado rápido crecimiento y de su tolerancia para desarrollarse sobre suelos muy pobres, en especial aquellos deficientes en fósforo. Además de su plantación para la producción de madera, protección y sombrío; se han empleado para el control de la erosión, en razón a que se estima la cobertura de árboles como mejor protectora que la rudimentaria vegetación reemplazada por ellos. Una ventaja adicional resulta del hecho que no son palatables para el ganado, y por consiguiente tienen más probabilidad de supervivencia en terrenos degradados por el sobrepastoreo. Sus efectos en estas situaciones son, en consecuencia, de un alto valor ecológico.

Yadav y otros (1959) estudiaron una plantación de Eucalyptus sp. de 5 años de edad, en Asorori, Uttar Pradesh, India, reportando un movimiento hacia abajo de CaO y de las partículas más finas del suelo, un descenso en el pH, MgO, K₂O total, P₂O₅ y el fósforo disponible, y un aumento en el potasio disponible.

Liani (1959) estudió un rodal de E. camaldulensis de 25 años de edad, sobre un suelo calcáreo arenoso, cerca a Catania en Sicilia. Existía una acumulación de humus ácido, pero no había evidencia sobre movimiento del hierro en el perfil. La acumulación de materia orgánica era alta (20.33 kg/m²); mucho mayor que la de otros sitios con eucaliptos previamente estudiados (10.45), (una plantación de pino dió 7.54 y un terreno agrícola 2.92). La materia orgánica era máxima donde existía un sotobosque de Acacia saligna, Robinia pseudoacacia y Phragmites.

Bernhard - Reversat (1982) realizó un estudio de laboratorio sobre la descomposición de la hojarasca de E. camaldulensis. Encontró que aunque existía una abundante hojarasca caída, la proporción de material fino en la superficie del suelo era pequeña; la desaparición y mineralización de la hojarasca fué relativamente lenta, pero la mineralización del carbono continuó en la hojarasca más antigua. La hojarasca tenía una alta proporción de sustancias hidrolisables, las cuales eran retenidas en el suelo únicamente cuando éste contenía suficiente arcilla; existía además una reducción de materia orgánica en la fracción arcillo-limosa del suelo. La Acacia seyal se comportó de manera diferente, con un remanente mucho mayor de humus. La Melaleuca se comportó similar al Eucalyptus y la Azidarachta de manera intermedia.

Dentro del mismo tema, Mullette y otros (1974) reportaron que el crecimiento de E. gummifera, una especie que crece en suelos muy pobres, desarrollados sobre las crestas de las montañas, respondió notablemente a los fosfatos insolubles. Sugirieron la existencia de una interacción entre las exudaciones de la raíz, los micro-organismos, los iones de aluminio y los mecanismos de absorción radicular, para fundamentar su habilidad en la utilización de estas sustancias.

Comparación con Plantaciones y Bosques Ordenados de Sal (Shorea robusta)

Singhal y otros (1975) y Singhal (1984), informan sobre la comparación del crecimiento del dosel de copas entre sal nativo y una plantación de Eucalyptus sp, durante cinco años, cerca a Dehra Dun. La cantidad de materia orgánica acumulada bajo el sal fué mucho mayor que en los eucaliptos, pero la humificación fué más rápida bajo los últimos, debido a que la hojarasca era más hidrolisable y el material húmico descendía más fácilmente dentro del suelo. Concluyeron que los eucaliptos tenían un efecto benéfico sobre la estructura del suelo y, por consiguiente, sobre su fertilidad.

Jha y Pande (1984), luego de comparar una plantación de E. camaldulensis (hecha en 1967), una plantación de sal (hecha en 1926) y un bosque nativo de sal, localizados sobre un aluvión antiguo, cerca a Dehra Dun, concluyeron que:

Ninguno de los monocultivos pudieron sobrepasar el bosque natural de sal, en cuanto a la acumulación de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo, y al nitrógeno, fósforo y potasio disponibles.

Un monocultivo de eucalipto de 14 años de edad mostró una mayor acumulación de materia orgánica que un monocultivo de sal.

El suelo bajo los eucaliptos tuvo tendencia a retener más humedad que el monocultivo de sal. Los eucaliptos produjeron un aumento del pH, mientras que el monocultivo de sal condujo a un descenso del pH, en comparación con el bosque nativo de sal.

Se encontró más bajo el nitrógeno total y el fósforo en el monocultivo de sal, aunque el potasio total era alto, en comparación con los eucaliptos.

El nitrógeno y el fósforo disponibles resultaron bajos en el monocultivo de sal, en comparación con los eucaliptos, pero el potasio disponible fué alto.

El desarrollo de un monocultivo de Eucalyptus en un área natural de sal no deterioró la fertilidad del suelo, y demostró ser superior a un monocultivo de sal, plantado desde largo tiempo atrás en esa localidad.

Comparación con los Pinos

Jammet (1975) hizo una comparación entre plantaciones de pino y de eucalipto (E.

camaldulensis, E. saligna, E. platyphilla y una especie de pino no identificada), sobre suelos arenosos en Pointe Noire, en la llanura costera de la República Popular del Congo. Las plantaciones de eucalipto fueron establecidas desde 1953 y los pinos se plantaron un poco después. La precipitación promedio es de 1.283 mm., aunque fluctuó ampliamente entre 2.047 mm y 295 mm., durante los 14 años de mediciones. Existe una estación seca pronunciada y la vegetación es de tipo sabana baja.

Los suelos son ligeramente ácidos, con una baja fracción de arcilla y pobres en materia orgánica. Hubo mejor humificación bajo los eucaliptos, una reducción del calcio con ligera acidificación bajo ambas plantaciones, pero especialmente bajo los pinos, donde se presentó también una tendencia a la podsolización.

Eucaliptos sobre Turberas

Zohar (1976 y 1979) informó sobre el desarrollo del E. tereticornis y sus efectos sobre los niveles de nitratos del suelo, en turberas recientemente rehabilitadas del valle de Hula, Israel. A causa del alto nivel freático el crecimiento fué excepcionalmente rápido, 12 m. de altura y 18 cm de DAP después de 4 años. Se encontraron significativamente más bajos los nitratos del suelo en la plantación de eucaliptos, que en un área testigo carente de árboles. En el informe se recomienda el cultivo intenso de los eucaliptos, como un medio para reducir la eutroficación del Lago Tiberíades.

Conclusión

Los estudios llevados a cabo, relacionados con el efecto de las plantaciones no intervenidas de eucaliptos sobre la calidad del suelo, están casi totalmente limitadas al Mediterráneo y a la zona subtropical del Norte de la India, y sólo en esta última región, se realizaron comparaciones entre los eucaliptos, el bosque natural y las plantaciones de una especie nativa, el sal (Shorea robusta). Estos estudios por consiguiente, apenas cubren un rango muy pequeño de las condiciones dentro de las cuales se desarrollan los eucaliptos, y los efectos sólo se han estudiado durante un tiempo relativamente corto. En términos generales, se puede concluir que el efecto de una cobertura de eucaliptos sobre sitios desnudos, es el mejoramiento de la fertilidad del suelo, al desarrollar un humus de tipo mullido; aunque existen indicaciones que sobre algunos suelos, el humus puede ser ligeramente ácido. Las comparaciones con plantaciones de sal y de pino, son también generalmente favorables. En la comparación con bosques de Brachystegia, en Zambia, se presenta una reducción en la actividad de las termitas y una alta acumulación de hojarasca sin descomponer (ver Capítulo IV, más adelante). No existen pruebas sobre deterioro alguno de estos lugares, y parecen muy remotas las posibilidades de presentarse daños irreversibles. Es muy interesante la recomendación sobre el posible empleo de los eucaliptos para reducir la eutroficación

Efectos de los Eucaliptos Sobre la Calidad del Suelo - Con Aprovechamiento

Una situación muy diferente se presenta cuando el bosque es aprovechado. Con certeza ocurrirá entonces una pérdida de nutrimentos dentro del material cosechado, agravada muy probablemente por los efectos de las operaciones de entresaca. En el aprovechamiento del bosque natural se suele asumir, posiblemente equivocado para algunos casos, que la pérdida de nutrimentos durante la cosecha se compensará por nuevos aportes de la naturaleza durante el período de rotación (procedentes de materiales disueltos en las aguas lluvias, la meteorización de las rocas, el nitrógeno de las leguminosas, etc. Ver Figuras 3 y 4). Pero a medida que las entresacas llegan a ser más intensivas es improbable que todo permanezca inalterado.

La situación fué bien definida por Raison y Crane (1981). Los siguientes párrafos están basados en su informe:

La productividad de plantaciones coetáneas, aprovechadas a tala rasa antes de su turno forestal, puede ser considerablemente mayor que la de los bosques nativos que las precedieron. Las crecientes tasas de crecimiento y la remoción de la biomasa aumentará la demanda por nutrimentos en el suelo, y la mayor perturbación del lugar, puede aumentar notablemente el potencial de pérdidas asociadas de materia orgánica y nutrimentos del ecosistema forestal.

Las consecuencias del menor espaciamiento de las cosechas sobre la nutrición de los árboles, pueden dividirse en dos amplias categorías:

- A. Los efectos directos sobre la tasa de flujo de los nutrimentos desde el sitio, y
- B. Los efectos indirectos asociados con el aprovechamiento, la preparación del sitio y el desarrollo del nuevo rodal.

Efectos Directos de la Remoción de la Biomasa

La cantidad de nutrimentos y la tasa en que salen directamente dentro de la biomasa, depende de: el crecimiento de las especies, el período de la rotación y el grado de utilización de la biomasa.

La creciente demanda por los productos forestales y las nuevas tecnologías, han estimado niveles más altos de utilización de la biomasa y el acortamiento de los turnos. Algunas veces se aplican ambas estrategias simultáneamente, conduciendo a lo que se ha llamado "cultivo de fibras". La creciente utilización de la biomasa (p. ej. la entresaca total de los árboles en la cual se remueve toda la biomasa aérea, o la cosecha completa de los árboles en la cual se incluyen también los tocones y

las raíces), puede alcanzar a quintuplicar la cantidad de algunos nutrimentos removidos del bosque. El incremento en el porcentaje de remoción de nutrimentos de la entresaca forestal total, comparada con la entresaca convencional, es máximo cuando se cosechan rodales jóvenes; pues relativamente éstos almacenan en los diversos componentes del dosel, la mayor parte de los nutrimentos de la biomasa aérea. El acortamiento de los turnos también incrementa la tasa de remoción de los nutrimentos dentro de la biomasa entresacada, porque ocurre una mayor extracción de material para un período de tiempo determinado. Donde se aumenta el nivel de utilización y disminuye el período de rotación, la eficiencia nutricional se reduce (y se aumenta el costo de la nutrición) en comparación con un tipo de manejo más tradicional; tal como la sola entresaca de trozas y el manejo del bosque con base en turnos más espaciados.

Efectos Indirectos del Aprovechamiento

El acortamiento de los turnos aumenta la frecuencia de perturbación del lugar causada por la entresaca y la preparación del sitio. Aumenta también proporcionalmente el período de tiempo durante el cual, el sitio no se encuentra completamente ocupado por un denso dosel forestal (el cual brinda alguna protección al suelo). La perturbación del sitio suele conducir a una pérdida directa de nutrimentos o a incrementar el potencial de pérdidas. La relativa magnitud de la salida de nutrimentos dentro de la biomasa desde un sitio, en comparación con la que ocurre asociada con la perturbación del mismo sitio, es muy variable, aunque esta última puede ser algunas veces mayor que la primera. La causa puede residir en el lavado, la erosión, la transferencia a la atmósfera, la inconveniente redistribución de los nutrimentos y la compactación del suelo.

La tasa de erosión de suelos sobre un sitio boscoso es difícil de medir, como lo es también, cualquier estimación de sus efectos para la productividad futura. Es evidente que la erosión acelerada es un fenómeno indeseable, porque se pierden los nutrimentos más ricos y el suelo mejor estructurado. La remoción de una capa de suelo rica en nutrimentos de 1 cm. de espesor, generará la salida de alrededor de 24 kg. de P y 240 kg. de N por hectárea. Inclusive, tasas de erosión moderadas durante una rotación forestal, pueden originar pérdidas de nutrimentos del mismo orden de magnitud que las sacadas dentro de la biomasa aprovechada.

La perturbación del suelo y de la capa de hojarasca durante la entresaca a menudo incrementan el lavado de iones nutritivos. En este fenómeno intervienen factores tales como la remoción de la vegetación, la mayor exposición y las tasas de respiración de suelos relacionadas. Las pérdidas por lavado después de la tala rasa y de la preparación del sitio son demasiado variables, aunque usualmente son máximas para el N y los cationes. La tala rasa de tipo comercial puede originar pérdidas de Ca y N que alcanzan un 30-50% o más, en comparación con lo que se pierde en el aprovechamiento tradicional de la biomasa; normalmente sin embargo, las pérdidas son menores. No se tiene noticia sobre los efectos del acortamiento de los turnos en las tasas de lixiviación, aunque podría esperarse un incremento en las tasas promedias a largo plazo, a causa de la perturbación más frecuente del sitio y al aumento proporcional del período durante el cual, el sitio no está completamente ocupado por la vegetación en

activo desarrollo. El aumento del lavado agrava entonces aún más la creciente salida de nutrimentos del lugar, causado por la cosecha frecuente de biomasa nutritivamente rica, sometida a rotaciones más cortas.

La quema de residuos entre las rotaciones produce alguna pérdida directa de nutrimentos y posibles pérdidas adicionales durante el incendio, especialmente de los elementos volátiles procedentes de las capas de mantillo y de suelo superficial, enriquecidas orgánicamente; al igual que la pérdida posterior de elementos del suelo activados por el fuego. Las pérdidas de elementos, especialmente de N, P y S, generadas por la quema, pueden igualar o sobrepasar a las que salen dentro de la biomasa aprovechada. En razón entonces a que una utilización más completa de la biomasa aumenta en forma directa la salida de nutrimentos desde el sitio, puede descartarse la necesidad de quemar los residuos, y en consecuencia, prevenir grandes pérdidas de elementos (especialmente de N) almacenados en el mantillo y en las capas superficiales del suelo.

El aumento de la respiración del suelo, luego de su exposición durante el período de aprovechamiento, puede también conducir a pérdidas en la materia orgánica almacenada en el suelo. Se han observado reducciones notables de hasta un 60% en la materia orgánica de los suelos, al igual que un incremento de las proporciones C/N, luego del aprovechamiento de plantaciones de Pinus radiata en Australia (Raison y Crane, 1981). Esta pérdida de materia orgánica probablemente tiene graves consecuencias nutricionales, debido a que su presencia en el suelo está intrínsecamente asociada con la mayoría de los aspectos físicos, químicos y biológicos de la fertilidad de suelos.

El enterramiento de los residuos, que a menudo se emplea durante la preparación del sitio, puede conducir a la remoción de los horizontes superficiales del suelo, con efectos detrimentes para el posterior suministro de nutrimentos y para el desarrollo de los árboles. El grado y magnitud de la perturbación del suelo, al igual que la compactación causada por el paso de la maquinaria durante las operaciones de entresaca y de preparación del suelo, es bastante variable y depende ampliamente de los tipos de suelo, aunque para todos ellos, el acortamiento de los turnos aumentará el potencial de pérdidas generadas por estas causas.

Al examinar los efectos ecológicos del crecimiento y del aprovechamiento de las plantaciones de eucalipto, se debe diferenciar entre aquellos efectos que de igual manera podrían producirse, al aprovechar cualquier tipo de plantaciones; y aquellos que son inherentes a los eucaliptos. Como un ejemplo, todos los efectos indirectos que se mencionaron en los párrafos anteriores, podrían asociarse indistintamente con otras clases de plantaciones.

Carácter de las Investigaciones

La literatura sobre la materia, se puede dividir en tres categorías:

Tabla 8

Eucalyptus saligna (datos en kg/ha)

		N	P	K	Ca	Mg
A	Suelo 0 - 25 cm	4508	13.5	225	195	279
B	Suelo 0 - 75 cm	11522	29.9	635	3240	835
C	Hojarasca	63	2.7	20	100	15
D	Restitución por caída de hojas/año	41-61	24-35	40-60	43-64	11-17
E	Arboles y sotobosque	230	30.4	221	251	52
F	Madera	20.84	12.21	41.89	16.59	6.10
G	Corteza	13.18	2.35	25.95	56.60	12.99
H	Ramas	29.60	3.39	44.95	69.36	7.33
I	Hojas	107.66	6.94	61.06	64.23	16.64
K	Arboles (F+G+H+I)	171.28	24.89	173.15	206.78	43.06
E. saligna	<u>Hojarasca y suelo (0-25 cm)</u> biomasa	19.87	0.53	1.11	3.96	5.65
<u>Araucaria</u> <u>angustifolia</u>	A + C " " "	11.17	0.31	0.43	1.9	1.5

De: Andrae y Kraptenbauer (1979)

- A. Aquellos documentos que proporcionan datos sobre la biomasa y el contenido de nutrimentos en los diversos componentes del cultivo forestal (hojas, ramas, cortezas, raíces, etc.);
- B. Aquellos que comparan el contenido de nutrimentos de la plantación con el almacenamiento de nutrimentos dentro del suelo; y
- C. Aquellos que hacen estimativos sobre el gasto de los nutrimentos en el aprovechamiento y los efectos resultantes al emplear diferentes tipos de especies o de sistemas de manejo.

De todos ellos, los más relevantes pertenecen a la última categoría, especialmente aquellos en que los autores examinan el relativo uso de los nutrimentos por parte de los eucaliptos y de otras especies alternas. La información relacionada con la primera categoría, no se analiza en la discusión que sigue, pero se incluye en el listado bibliográfico.

Comparación de la Extracción de Nutrimentos con las Reservas del Suelo

Andrae y Krapfenbauer (1979) realizaron un estudio en el Estado de Río Grande do Sul, en Brasil, sobre la biomasa y el contenido de nutrimentos en un rodal de E. saligna, de 4 años de edad. El clima del lugar es subtropical, con veranos húmedos y cálidos e inviernos húmedos y fríos; y la vegetación natural está compuesta por una pampa de gramíneas. El suelo es pobre con un horizonte de acumulación arcilloso. El trabajo se hizo sobre 12 árboles representativos, de 4-14 cm. de DAP.

La biomasa total del rodal era de 56 t/ha, de las cuales 38 t (69%) conformaban la biomasa aérea, 10 t (17%) la biomasa dentro del subsuelo y 8 t (14%) la biomasa de la hojarasca y de la vegetación inferior del bosque. Se estimó la producción anual de biomasa entre 14.7 y 17.1 t/ha, correspondiendo estas fluctuaciones a los valores asumidos con relación al tiempo de vida de las hojas perennes.

Las cantidades de nutrimentos en los diferentes componentes del sistema se presentan en la Tabla 8; allí puede observarse que aún la madera por sí sola, contiene una gran proporción del fósforo y del potasio del sistema. En la parte inferior de la Tabla se dan valores sobre la relación entre los nutrimentos de la hojarasca y del suelo en comparación con los de la biomasa. Se muestran también los registros para un rodal de Araucaria angustifolia de 17 años de edad, en los que se puede observar que la situación en relación con todos los elementos, es aún más crítica para el caso de la Araucaria que para el E. saligna.

Wise y Pitman (1981) también compararon las cantidades de nutrimentos que probables-

te serían removidos, durante la cosecha de plantaciones típicas de 10 años de edad de varias especies de eucaliptos (E. grandis, E. laevopinea, E. maculata, E. saligna, E. sieberi, y E. viminalis), en relación con el almacenamiento de elementos nutritivos en varios suelos típicos de Nueva Gales del Sur y Queensland.

Se considera que los principales nutrimentos limitantes son el fósforo, el azufre y posiblemente el calcio. Las comparaciones de las remociones de nutrimentos con el estado nutricional de los suelos, da alguna indicación de "la magnitud de las extracciones de nutrimentos en relación con la reserva nutricional disponible en el suelo. Al evaluarlas, el calcio y el potasio aparentemente son los primeros elementos que llegan a ser limitantes en muchos sitios, con diversas plantaciones de cortas rotaciones..". Los autores dan estimaciones de las cantidades de nutrimentos que probablemente deben agregarse al sistema, mediante la meteorización del granito y los aportes de las lluvias. Lo anterior se puede observar en la Tabla 5. Los autores comentan que "los aportes de la naturaleza podrían compensar fácilmente en muchos lugares costeros, el sodio, el cloro y quizás el magnesio. El potasio puede ser compensado parcialmente, pero el calcio, el fósforo y el nitrógeno, no serán suficientemente suministrados en los aportes naturales para compensar las extracciones; y además, estos elementos sufrirán un mayor agotamiento por las pérdidas naturales".

Los autores, realizaron entonces una comparación sobre la remoción de nutrimentos en plantaciones de turnos cortos, procedentes de un cultivo de cereales y de un bosque nativo típico, con una extracción anual de madera de $2 \text{ m}^3/\text{ha}$ (un bosque muy productivo en Nueva Gales del Sur, produciría alrededor de 5 m^3). Sus cálculos les llevaron a la conclusión que la remoción de nutrimentos, bajo un régimen de entresaca natural de trozas para aserrío, promediaría un 5% menos que la producida al aprovechar totalmente los árboles, en plantaciones de corta rotación. Lo anterior se debe a la retención en hojas, ramas y cortezas; a una mayor proporción de duramen y a la menor productividad. La comparación con los cereales durante un lapso de 10 años (1 año de descanso en cada período de 4) fué aún más impresionante. Las remociones de nitrógeno fueron 2-4 veces mayores y las de fósforo 10-20 veces más altas que en las plantaciones de eucalipto.

Raison y Crane (1982) llevaron a cabo una comparación mucho más certera con plantaciones de E. delegatensis y Pinus radiata. Sus conclusiones se citan completamente en los siguientes párrafos:

Puede existir una notable interacción entre el tipo de las especies forestales y la duración del turno, lo cual afectará la tasa de salida de nutrimentos y la eficiencia nutricional. Un estudio de la distribución de la biomasa y del fósforo, en las bolillas (madera + corteza) de dos especies comercialmente valiosas, Eucalyptus delegatensis y Pinus radiata en Australia, condujo a las conclusiones siguientes:

- A. Para ambas especies se encontró una concentración notablemente mayor de P en la albura que en el duramen. Lo anterior fué especialmente observado en el E. delegatensis, donde la relación del P de la albura al del duramen fué de 33:1, comparado con una proporción de 9:1 encontrada para el P. radiata.

- B. La formación de mayor albura, de manera significativa, en el P. radiata. La formación de duramen en el P. radiata no comenzó hasta la edad de 17 años, en cambio en el E. delegatensis comenzó a formarse a la edad de 7 años.
- C. La combinación de una tasa de mayor crecimiento y una más alta concentración de P en las bolillas (como consecuencia de las conclusiones (a) y (b) ya descritas), produjo una mayor tasa de remoción de P en el aprovechamiento del P. radiata, comparado con el E. delegatensis.

Estas tasas se presentan en la Tabla 9.

- D. Independientemente de la tasa de crecimiento, el acortamiento de las rotaciones incrementaron la remoción del P por unidad de madera cosechada. La Tabla 9 muestra que la cantidad de P removido por unidad de madera cosechada, aumentó en un 70% cuando el tiempo de rotación del E. delegatensis se redujo de 57 a 18 años. La remoción en aclareos menos espaciados (una forma de manejo recortado de las rotaciones) produjo una pérdida de nutrimentos significativa en el bosque de P. radiata.
- E. Teóricamente, el E. delegatensis solo llegará a ser significativamente más eficiente en el uso de los nutrimentos, en relación con el P. radiata, cuando se desarrolle en rotaciones mayores de 7 años. La eficiencia comparativa del E. delegatensis aumentó progresivamente con la edad. Esta última observación permite concluir que para rotaciones cercanas a los 7 años o menores, las cuales son empleadas corrientemente para las plantaciones de eucaliptos del Brasil, no podría existir ninguna ventaja nutricional (en términos de reducir la salida del P en la biomasa) de los eucaliptos sobre otras especies..... Los eucaliptos que poseen tasas de crecimiento altas (40-80 m³/ha/año) fuera de Australia, y que se manejan en cortas rotaciones (< 10 años), generarán fuertes demandas sobre las reservas nutritivas del suelo (p. ej. cerca de 5 kg/ha/año para almacenar en la madera), las cuales son similares a las de cultivos agrícolas anuales (p. ej. 7 y más kg de P/ha/año para el maíz). La cosecha del follaje junto con la madera incrementará aún más la pérdida de nutrimentos, siendo muy probable la necesidad de una fertilización regular (en dosis similares a las que se utilizan para cultivos agrícolas), si se desea mantener la fertilidad del suelo y la productividad del bosque.

Lo anterior sugiere que no existe una ventaja probada (o desventaja), inherente al empleo de los eucaliptos sobre otros géneros, sino que cada situación debe analizarse de acuerdo con los beneficios que genere.

Tabla 9

Cantidades y tasas del fósforo extraído del bosque al aprovechar el E. delegatensis y el P. radiata, para turnos cortos y largos.

PARAMETRO	EUCALIPTO (<u>E. delegatensis</u>)		PINO (<u>P. Radiata</u>)	
Turno forestal (años)	18	57	18	40 ^{1/}
Proporción de albura en el fuste (%)	52	28	100	90
P extraído (kg P.ha ⁻¹)				
en el fuste	9	17	28	56
en la corteza	4	8	18	24
en la bolilla	13	25	46	80
Tasas de P cosechado en las bolillas por madera (q P.t madera ⁻¹)	97	51	258	169
por tiempo (kg P.ha ⁻¹ . año ⁻¹)	0.73	0.44	2.53	1.97
Proporciones comparativas para un turno más largo				
por madera	1.7	1	1.5	1
por tiempo	1.6	1	1.3	1

^{1/} Incluye 4 entresacas comerciales a los 16, 22, 28 y 34 años, antes de su tala rasa a los 40 años de edad.

(según Crane y Raison, 1981)

Gasto Nutricional y Conclusiones

Madgewick y otros (1981), efectuaron una comparación de dos especies de eucaliptos (E. nitens y E. fastigiata) con el P. radiata, en North Island, Nueva Zelandia. La comparación se hizo con eucaliptos de 4 años de edad y pinos, al alcanzar su máximo incremento medio anual a la edad de 17 años. Los autores calcularon el gasto nutricional para cada especie - la cantidad de nutrimentos removidos/unidad de energía cosechada. Estos gastos nutricionales se presentan en la Tabla 10. Se podrá observar que los gastos del fósforo fueron aproximadamente los mismos para todos los casos, pero los gastos del nitrógeno, procedente del aprovechamiento del E. fastigiata de 4 años de edad, fueron casi 4 veces mayores que los del viejo rodal de P. radiata. Al dejar el follaje dentro del bosque, se reducirían los gastos nutricionales alrededor del 10% para el calcio y casi del 50% para el nitrógeno.

Tabla 10

Incremento medio anual y gasto nutricional de la energía

	<u>Pinus radiata</u>		<u>E. nitens</u>		<u>E. fastigiata</u>	
	Tronco + total de ramas		Tronco + total de ramas		Tronco + total de ramas	
Edad (años)	17	17	4	4	4	4
Incremento medio anual seco a la estufa (t/ha)	18	17	18	20	13	15
Energía (10^8 J/ha/año)	202	305	326	377	238	268
Gasto nutricional por 10^6 J						
N (kg)	46	74	122	220	135	268
P (kg)	11	14	10	15	9	17
K (kg)	65	80	172	203	157	207
Ca (kg)	50	55	200	220	170	206
Mg (kg)	16	17	35	42	37	51

De : Madgewick y otros (1981)

Los autores concluyeron: "Los gastos nutricionales de la energía procedente de la biomasa, son muy sensibles con la edad del rodal en las plantaciones jóvenes, donde las proporciones relativas del follaje a la madera y de la madera nueva a la vieja, cambian muy rápidamente. Cualquier comparación entre Eucalyptus y Pinus radiata debe ser interpretada con cautela, hasta que se conozca más sobre los regímenes silviculturales óptimos para las diferentes especies y sobre sus relativas producciones de combustible líquido".

Guías de Acción

Raison y Crane (1982) sugieren dos consecuencias de su trabajo, las cuales son importantes para el presente estudio:

- A. El mantenimiento de la materia orgánica es un elemento indispensable para muchos suelos de Australia (esto bien podría generalizarse para otros lugares fuera de Australia); y
- B. Las remociones de nutrimentos no deben compararse con las reservas totales de elementos nutritivos del suelo, como base para evaluar la trascendencia de los aprovechamientos.

En términos generales, las aplicaciones de nutrimentos deben intentar mantener (o mejorar) la capacidad de suministro de elementos nutritivos del suelo. Generalmente en tonces, se requiere una mayor adición de nutrimentos que los removidos dentro de la biomasa, a causa de la baja eficiencia de los árboles para rescatar los nutrimentos aplicados (fertilizantes).

Los autores proponen las siguientes estrategias:

Dejar en el sitio la biomasa rica en nutrimentos; no aprovechar el sistema radicular en la mayoría de los sitios; remover la corteza de los troncos y dejarla en el sitio siempre que sea posible.

El uso de procedimientos conservacionistas para la preparación del sitio, lo cual reduce las perturbaciones y las pérdidas de nutrimentos y materia orgánica contenida en los residuos de la entresaca, en la capa de hojarasca y en el suelo superficial.

El uso eficiente de los fertilizantes.

El posible uso de leguminosas (ya sea intercaladas entre el cultivo o durante el período de descanso entre rotaciones) para ayudar al mantenimiento de la materia orgánica y al ahorro del nitrógeno.

El uso de un surtido de árboles, seleccionados por su baja demanda de nutrimentos.

C A P I T U L O I V

COMPETENCIA Y SUSTITUCION

Introducción

Esta sección trata sobre los efectos sobre la flora y la fauna, originados por la introducción de plantaciones de eucaliptos en lugares donde antes no existían. Estos efectos son generalmente de dos clases, denominadas en este estudio como competencia y sustitución.

Efectos de la Competencia

Quando los eucaliptos se plantan en algún terreno con vegetación natural o seminatural, se genera un efecto sobre la fauna y la flora de ese lugar, como resultado del sombrero, la competencia por el agua o los nutrimentos, la perturbación del terreno, los efectos alelopáticos (influencias directas de tipo químico de los eucaliptos sobre las plantas), y los efectos acumulativos de ciertos cambios en el suelo.

La fauna también se afectará. Las plantaciones de eucaliptos crearán un habitat totalmente nuevo al cambiar la vegetación inferior, la estructura de la flora, y aún más importante, al sustituir el puesto ocupado por los árboles dominantes con una sola especie - con un árbol exótico. Las especies exóticas generalmente sustentan una población de animales herbívoros, mucho más pobre que la vegetación reemplazada - ésta es una de las razones de su éxito, y en consecuencia, su contribución a los niveles inferiores de la cadena alimenticia animal, es mucho menor que el aporte de las especies nativas.

Sin embargo, es importante destacar que los efectos de cualquier plantación, dependerán de la naturaleza de la comunidad reemplazada y de las características ecológicas de la zona. Por ejemplo, en una zona árida, los eucaliptos pueden perfectamente suprimir la vegetación inferior al competir por el agua, pero es improbable que ocurra lo mismo en un área de alta precipitación.

Todas las plantaciones tienden a afectar la flora y la fauna. Todas crean uniformidad - una especie dominante que crece en extensos rodales homogéneos, ordenados usualmente en bloques. (Algunos rodales naturales están por supuesto, constituídos por una sola especie de edad uniforme, pero esto no es muy común). Presentan además, la falta de árboles sobremaduros y muertos que constituyen un habitat apropiado para muchos animales. Las plantaciones generan la presencia de una flora más pobre y de menor biomasa que la vegetación desarrollada en el bosque natural. Sin embargo, cuando se reemplazan pastizales sobreutilizados, es evidente la aparición de una vegeta

ción más valiosa que la antecedente, al menos en los primeros años de las plantaciones. El efecto de empobrecimiento que causan extensos monocultivos uniformes, puede también atenuarse con un adecuado manejo - aclareos bien planificados, dejando algunos árboles sobremaduros y reductos de vegetación nativa, etc. Las plantaciones forestales además, rara vez provienen de un mismo biotipo como suele ocurrir en los cultivos agrícolas.

No obstante, en términos generales, las plantaciones de especies exóticas tendrán una menor variedad florística y especies diferentes a las del bosque natural sustituido. Cuando reemplazan comunidades no forestales, crearán un ambiente de bosque que ordinariamente produce un resultado benéfico, aunque es improbable que se favorezcan las especies características del anterior terreno des poblado.

Esta sustitución de la cobertura es por supuesto similar en los cultivos agrícolas. Los efectos de los monocultivos forestales (ya sea caucho, palma de aceite, teca, Gmelina, pinos o eucaliptos), son probablemente menos severos que los generados por la soya, el algodón o el maíz; pues los árboles se plantan dentro de la vegetación natural sin llegar a reemplazarla totalmente, sustitución que si efectúan los cultivos anuales; además, las rotaciones forestales son más espaciadas.

En materia de sustitución, existen pocas pruebas relacionadas con determinados cultivos de árboles, pero hay algunos principios ecológicos generales que son suficientemente conocidos y aplicables. Se requiere entonces examinar la importancia de cada caso en especial.

Efectos de Sustitución

El problema de competencia determina el grado de la sustitución.

Cuando se establece una plantación de eucaliptos, se reemplaza un ecosistema por otro fundamentalmente diferente. Deben considerarse en consecuencia la ubicación y extensión de las plantaciones de eucalipto, en relación con la suma de beneficios derivados de los ecosistemas que se intentan reemplazar. Además de los beneficios sociales, económicos y ambientales de estos ecosistemas, debe prestarse la debida atención al valor que tienen dentro de las políticas nacionales sobre conservación de la vida silvestre y de los recursos genéticos de flora y fauna nativas. Cuando por ejemplo, las plantaciones de eucalipto eliminan el último vestigio de un bosque típico, no existente en algún otro lugar, su impacto será muy diferente a la sustitución de la décima parte de un tipo de bosque más ampliamente diseminado. El impacto ambiental de las plantaciones de eucalipto que van a reemplazar ecosistemas naturales, puede evaluarse únicamente cuando se conoce el grado de ocurrencia de cada grupo florístico, constitutivo del ecosistema natural. La justificación de las decisiones a favor o en contra de la sustitución, sólo puede fundamentarse apropiadamente, cuando se toman en consideración las políticas nacionales sobre conservación de la naturaleza y de sus recursos genéticos.

Los Eucaliptos y el Sotobosque

Los estudios comparativos provienen de la India (Mathur y otros, 1980; Mathur y Soni, 1983; y Rajvanshi y otros, 1983) y de Malawi (Jocqué, 1977). Los trabajos Hindúes se refieren a comparaciones entre varias especies de eucaliptos (E. camaldulensis, E. grandis y un eucalipto híbrido) y el bosque de sal (Shorea robusta), cerca a Dehra Dun, al Norte de la India. El estudio de Malawi hace la comparación entre una plantación de alrededor de cuatro hectáreas de E. grandis, de seis años de edad y 15 metros de altura, y un bosque adyacente de altura similar, dominado por Brachystegia spiciformis. El lugar está situado en la parte más húmeda de Malawi con una precipitación anual entre 1.500 y algo más de 2.200 mm.

Mathur y otros (1980) compararon plantaciones de E. camaldulensis y E. grandis con el bosque de sal y con el bosque secundario que resultó 14 años después del aclareo de los bosques de sal (estos bosques casi siempre forman un monocultivo). Tanto el número de especies como la cobertura, fueron máximas en las plantaciones de eucalipto y mínimas en el bosque de sal. Se presentó un mismo rango de valores en las cantidades de hojarasca, fitomasa aérea y fitomasa dentro del suelo - excluyendo los árboles en las dos últimas. Las proporciones registradas en los transectos lineales, utilizados para medir la sombra bajo el dosel, fueron: eucalipto 74.7%, bosque secundario 53.79% y sal 36.29%; el sotobosque registró un 3.98%. Aunque estos resultados sugieren una vegetación más exuberante y enriquecida bajo los eucaliptos, los mismos están viciados por el hecho de que el eucalipto y el lote con bosque secundario estuvieron protegidos del pastoreo, en cambio el sal no corrió la misma suerte.

Comparaciones posteriores (Mathur y Soni, 1983; Rajvasti, 1983) entre sal y eucaliptos, concluyeron lo mismo. El sal sin embargo, tuvo mayor proporción de arbustos y menor de herbáceas anuales. El Ageratum conyzoides, una maleza anual y ampliamente diseminada, fué la especie más común bajo los eucaliptos.

El rodal de eucalipto de Malawi posee un dosel muy abierto. El sotobosque es desigual y consiste de una capa de matorral denso de arbustos nativos jóvenes con algunos árboles secundarios, o de una capa herbácea de gramíneas dominada por Panicum spp. Existe todavía en la plantación una gran influencia de la flora característica del bosque natural, presentándose un 45% de las especies del bosque de Brachystegia. Las herbáceas tolerantes de sombra del bosque original, están representadas en menor proporción (30%) que los arbustos y enredaderas (47%) y los árboles (57%). Los musgos y las epífitas, comunes en el rodal natural, desaparecieron completamente, y los hongos están casi extinguidos. Las plantas más especializadas fueron reemplazadas por malezas tolerantes y la hojarasca, compuesta principalmente por hojas de eucalipto sin descomponer, es bastante espesa.

Todas estas observaciones se obtuvieron en zonas representativas del bosque húmedo tropical. No fué encontrado ningún informe publicado sobre regiones áridas o semiáridas.

(El autor observó plantaciones de Eucalyptus deglupta reemplazando bosques heterogéneos

de Dipterocarpo, en la Isla de Mindanao, en las Filipinas. La flora de árboles y arbustos del bosque natural fué reemplazada totalmente, al igual que la vegetación inferior, constituida principalmente en este caso, por la regeneración natural de muchas especies de árboles característicos del bosque. En contraste, las antiguas plantaciones de eucalipto del bosque húmedo templado, cerca a Sintra en Portugal, contienen un denso sotobosque de la flora nativa).

Los Eucaliptos y los Cultivos Agrícolas Vecinos

Algunos efectos de los cinturones protectores fueron ya discutidos en los anteriores Capítulos I y II. Se hizo además referencia al estudio llevado a cabo por Jensen (1983).

Las interacciones de los cinturones protectores con los cultivos son muy complejas y no están estrictamente relacionadas con los eucaliptos; las mismas son compartidas por otras especies de árboles, utilizadas para este propósito. En términos generales, los efectos se relacionan con la defensa contra daños generados por las tormentas de arena, la protección contra los vientos desecantes, los aumentos de la temperatura y las reducciones en la transpiración; y los efectos de competencia por el agua y los elementos nutritivos. Los efectos exactos dependen ampliamente de las circunstancias, y no todos son totalmente comprendidos. Sin embargo, no existen pruebas para diferenciar los efectos de los eucaliptos con relación a los de otras especies de árboles; e incluso debe admitirse, que todavía no se han establecido trabajos experimentales para demostrar estas diferencias. Los siguientes ejemplos describen la clase de efectos reportados hasta el momento.

Giulimondi (1960, 1961) y Giulimondi y Giovannini (1960), estudiaron el efecto de los cinturones protectores de E. x trabutii (25 años de edad) cerca a Roma y E. camaldulensis (30 años de edad) cerca a Catania en Sicilia; el primero sobre un suelo franco arcillo-limoso y el último sobre arena. La precipitación en Catania es baja, alrededor de 500 mm. por año. Los autores encontraron un notable secamiento del suelo en los meses de verano, hasta 10-15 m. en el cinturón protector sobre el suelo más pesado y 20-25 m. en la arena. Las producciones de alfalfa se redujeron de manera concomitante. En otra situación, después de un invierno particularmente lluvioso, se produjo un mayor crecimiento de la alfalfa en una faja establecida cerca a los árboles.

Los cinturones protectores de Eucalyptus microtheca de 60 m. de ancho, suministraron una protección efectiva a las zonas de irrigación de Gezira, en el Sudan, contra las arenas invasoras del desierto; resultados similares fueron conseguidos con Prosopis chilensis y Acacia mellifera. Las producciones de naranjas fueron incrementadas notablemente en California, en cultivos distantes hasta 5 veces la altura de los rompevientos de E. globulus. Pero las producciones de Vigna unguiculata sin irrigación, protegida por un cinturón de E. camaldulensis de 10 m. de altura, al Norte de Kano en Nigeria, fueron sólo el 35% de aquellas desarrolladas en terrenos sin protección (Datos citados por Jensen, 1983).

Efectos Alelopáticos

Existen indicaciones que algunas especies de Eucalyptus pueden producir químicos, procedentes de sus hojas o de su hojarasca, que inhiben la germinación o el crecimiento de otras especies de plantas. Este fenómeno se conoce como alelopatía y es un efecto muy diferente a la competencia directa por el agua, los elementos nutritivos o la luminosidad.

En Hunter Valley, Nueva Gales del Sur, Australia, Story (1967) descubrió bajo diversas especies forestales, parches circulares cubiertos con gramíneas en forma más dispersa que sus alrededores. Los árboles involucrados fueron Acacia pendula, Callitris calcarata, Casuarina luehmannii, Eucalyptus crebra, E. dawsonii, E. melliodora, E. moluccana y Notelaea microcarpa. Después de un examen cuidadoso, el autor estableció que la competencia por la humedad no era la causa y que la competencia por nutrientes parecía improbable. Concluyó entonces, que las exudaciones químicas eran posiblemente las responsables.

Desde aquel momento, se ha llevado a cabo algún trabajo experimental para demostrar el efecto inhibitorio de ciertas especies de eucalipto sobre la vegetación involucrada. Lo anterior fué revisado por MacLaren (1983) de donde se adaptó el siguiente resumen.

Del Moral y Muller (1970) detectaron que el E. camaldulensis inhibió el desarrollo de pastizales mejorados con varias especies, incluyendo el Bromus mollis y el Lolium multiflorum. Se desarrolló más vegetación bajo el roble con 45% de luz solar, que bajo el eucalipto con 64% de iluminación; la humedad del suelo bajo la capa de hojarasca, fué mayor que en las zonas adyacentes sin cobertura. Al - Mousawi y Al - Naib (1975) encontraron una escasez de plantas herbáceas en las plantaciones de E. microtheca, localizadas en la parte Central del Irak, que no pudo atribuirse a la humedad, a los nutrientes o a la sombra. En este caso los extractos foliares, las hojas descompuestas y el suelo, inhibieron la germinación y el desarrollo de las especies asociadas. Los inhibidores volátiles hallados, fueron similares a los identificados para E. globulus por Del Moral y Muller (1969). Los autores encontraron que la ausencia de vegetación debajo del E. globulus no podría atribuirse a la competencia por recursos esenciales, sino a las fitotoxinas transportadas en las gotas de nieblas, aparentemente capaces de causarla. Se examinaron diversos pastos anuales con la solución proveniente del follaje, resultando altamente sensibles el Bromus mollis y el Lolium multiflorum; los otros no lo fueron tanto.

Este fenómeno, el cual no está asociado únicamente con los eucaliptos, podría considerarse notablemente restrictivo en la selección de especies para el control de erosión, o para las situaciones en que el pastoreo bajo el bosque juega un papel importante.

Los Eucaliptos y la Fauna

Existen varios documentos publicados sobre diversos aspectos relacionados con este tema, procedentes de Australia, Brasil, Malawi y Sur América. Los mismos contienen dos clases diferentes de comparaciones: entre plantaciones de nativas y de exóticas, y entre los bosques naturales y las plantaciones. La Tabla 11 muestra la distribución de los diferentes estudios pertinentes.

Tabla 11

Comparaciones sobre la Fauna entre los Bosques Nativos y las Plantaciones

Autor	País	Grupo	Vegetación Nativa		Plantaciones		
			Euc	Sin Euc	Pino	Euc	Araucaria
Dietz et al (1975)	Brasil	Pequeños Mamíferos		x		x	x
Friend (1982)	Australia	Mamíferos	x		x		
Neumann (1979)	Australia	Escarabajos	x		x		
Steyn (1977)	S. Africa	Aves		x		x	
Woinarski (1979)	Australia	Aves	x			x	
Jocqué (1977)	Malawi	Arañas/Termitas		x		x	

Comparación de los Bosques Nativos (sin eucaliptos) con Plantaciones de Eucaliptos y de Araucaria

Tres documentos cubren este tema. Dietz y otros (1975) comparan dos áreas de bosque natural heterogéneo con una plantación de 10 años de edad de E. saligna y una plantación de 31 años de edad de Araucaria angustifolia, una especie nativa del Brasil. Las dos áreas fueron antes de bosque húmedo tropical siempre verde y luego de su arrasamiento total se repoblaron, la una hace 15 años y la otra hace 52 años. Se muestrearon las poblaciones de pequeños mamíferos mediante el uso de trampas en todos los cuatro bosques, incluyendo dos áreas de bosque natural. Se registraron cinco especies de mamíferos (Orzomys nigripes, Monodelphis americana, Marmosa sp., Akodon arviculoides y Blarinomys breviceps). Se encontraron las máximas densidades relativas de los pequeños mamíferos en la plantación de Araucaria, y las mínimas en la plantación de eucalipto. Las densidades en los dos bosques naturales fueron similares estadísticamente y se situaron entre las dos plantaciones. La diversidad de las especies capturadas fué máxima en los bosques naturales y mínima en las plantaciones homogéneas.

Joqué (1977), en su informe sobre los bosques de Malawi, discutido antes en la sección sobre el sotobosque, compara la densidad de las telarañas y el peso de los especímenes de la araña gigante Nephila sp, en siete parcelas de 7 x 7 m de una plantación de eucalipto y de un bosque de Brachystegia. La densidad de las telarañas y el peso promedio de las arañas fué significativamente mayor en el último, 950:200 telarañas por hectárea y un peso de 958 ; 770 mg. El autor concluye que lo anterior se debe al insuficiente alimento brindado por la plantación y conjetura que la araña podría desaparecer en extensas plantaciones puras de eucalipto. La actividad de las termitas fué también significativamente menor en la plantación.

Steyn (1977) hizo una comparación cualitativa de las poblaciones de aves, entre plantaciones de eucalipto (principalmente de E. grandis) que cubrían un poco más de 25.000 ha en el Transvaal Nororiental, y la zona natural abierta, característica de algunas partes de Suráfrica ("Lowveld Sour Bushveld"), la cual contiene fajas de árboles y arbustos a lo largo de los cursos de agua. El autor mostró que el número y comportamiento de algunas especies, se había modificado en las áreas de plantación. Su estudio incluyó:

- Aquellas aves que usan los árboles de eucalipto y se alimentan en las plantaciones;
- aquellas que utilizan el sotobosque de las plantaciones más viejas para la reproducción y la caza de alimentos;
- aquellas que se reproducen en las plantaciones y se alimentan en otro lugar; y
- aquellas que utilizan las plantaciones de eucalipto sólo para alimentarse.

Algunas aves de estas praderas realizaron también invasiones esporádicas dentro de las plantaciones, especialmente durante la sequía invernal de 1969/70. Steyn encontró también que algunos nichos ecológicos estaban ocupados por aves especializadas en Australia, pero éstos aún no estaban ocupados por las especies nativas de Suráfrica.

El autor concluyó que las plantaciones de eucalipto no eran tan estériles e inapropiadas para la avifauna como a menudo se les acusaba. Algunas especies menos adaptables se vieron forzadas a retirarse; y las plantaciones no fueron adecuadas para el desarrollo de algunas especies - como por ejemplo los pericos de cresta roja (Gallinex porphyreolophus) que son frugívoros, las viuditas, los pájaros obispo y algunas alondras y paserinas que prefieren el campo abierto.

Comparación entre los Bosques Nativos y las Plantaciones de Eucaliptos

Woinarski (1979) comparó las aves de una plantación de E. botryoides de 25 años de edad, con las de un bosque nativo adyacente de E. dives de edad heterogénea, caracterizado por un dosel abierto y moderadamente alto, con un sotobosque compuesto de varios arbustos y pastos. El lugar estaba localizado cerca a Melbourne, Australia. El autor encontró que la plantación contenía seis especies bastante comunes y el bosque nativo nueve especies, siendo la diversidad en este último ligeramente superior. En el bosque nativo existieron más especies de falcónidos, menos especies rebuscadoras de alimento en ramas y cortezas, y menos comedoras de semillas, frutas y néctares. Algunas especies fueron más comunes en el interior de las plantaciones que en su periferia.

Comparación de los Bosques Nativos de Eucalipto y los Bosques de Pinus radiata

Se han llevado a cabo dos trabajos de este tipo. Uno de ellos, Friend (1982), comparó mamíferos en la localidad de Gippsland, Victoria; el otro, Neumann (1979), comparó escarabajos en el noreste de Victoria.

En relación con los mamíferos, fué menor la variedad de especies en las plantaciones y mayor la proporción de especies introducidas, especialmente en los rodales más jóvenes, donde no existía vegetación de sotobosque. Algunas especies pequeñas que habitan en el piso, se favorecieron en las plantaciones de determinada edad, dependiendo de sus necesidades de alimento y refugio. Los herbívoros y carnívoros terrestres más grandes, fueron comunes en las plantaciones de pinos, aunque las áreas con alimentos para los herbívoros estaban restringidas, en las plantaciones de mediana edad, a los bordes de los lotes o a los caminos. La mayoría de los herbívoros arborícolas, comedores de néctar y usuarios de los huecos de los árboles no fueron comunes en las plantaciones, limitándose únicamente a los remanentes del bosque nativo. Su larga superviven

cia en las plantaciones se consideró dudosa. Algunas especies arborícolas de amplios requerimientos relativos por comida y refugio, pudieron subsistir dentro de las plantaciones más antiguas, en aquellos lotes capaces de mantener algún sotobosque de tipo arbustivo.

En las plantaciones de pino, el número de especies de mamíferos fué máxima cerca a los bordes vecinos del bosque nativo, y donde había un mosaico de retazos del bosque nativo y rodales de pino de diferentes edades. Las pilas de residuos pueden ser refugios importantes para algunos mamíferos nativos más pequeños, en la primera rotación de las plantaciones; los mismos no existieron cuando faltaron los cúmulos de residuos en las plantaciones jóvenes de segunda rotación.

Los hallazgos de Newmann (1979) , relacionados con los escarabajos, fueron similares. La diversidad de las comunidades de escarabajos fué significativamente más alta en eucaliptos maduros que en los antiguos rodales de pinos, porque en el eucalipto existió una distribución más uniforme de los individuos entre las especies y una mayor riqueza de especies. En ambos fué mayor el rango de variación de las especies durante la primavera y el verano, que durante el otoño y el invierno.

Neginhal (1980) describió los efectos de la reforestación paulatina de los pastizales secundarios desde 1958, en el santuario de Antílopes Ranibennur, con una extensión de 119 km² y situado en Karnataka, India. Esta acción dió como resultado el repoblamiento del antílope (Antilope cervicapra), la avutarda Hindú (Chloriotis nigriceps) y el lobo (Canis lupus), que estaban casi extinguidos. El autor expresó dudas de mantener esta tendencia cuando se plantaran todas las áreas abiertas remanentes.

Conclusiones

Algunas generalizaciones simples y evidentes podrían sacarse de estos trabajos:

- Las plantaciones tienen menor diversidad de flora y fauna que los bosques nativos;
- Las plantaciones de especies exóticas, tienen menor diversidad de flora y fauna que las plantaciones de nativas;
- Las plantaciones pueden transformarse en habitats más favorables para los animales y las plantas, mediante un manejo adecuado que provea ambientes apropiados para las especies que se desean mantener. Los remanentes de vegetación nativa, en parches o corredores, ayudan enormemente para lograr estos propósitos;
- La plantación de parcelas boscosas en áreas despobladas y la protección que brindan, pueden favorecer el desarrollo de la vida silvestre.

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOCIALES

Ya se hizo énfasis en la introducción, sobre la distinción ampliamente artificial entre los efectos ecológicos y las notables implicaciones sociales y económicas de las plantaciones de eucaliptos; pues la importancia de los efectos ecológicos reside esencialmente en su influencia sobre la comunidad. Este Capítulo trata en términos muy generales, las formas en las cuales los eucaliptos pueden afectar la población, de tal manera que los Capítulos anteriores se puedan mirar en un contexto más amplio.

Las plantaciones de eucaliptos pueden tener varias clases de efectos diferentes.

- Los mismos pueden ser fundamentalmente específicos del lugar, tales como los posibles cambios en la fertilidad del suelo afectando sólo el área de la plantación o los efectos de sombra y competencia de las raíces sobre los pastizales de gramíneas situados debajo de los árboles.
- De otro lado, pueden ocurrir influencias no locales que afectan las condiciones de otros sitios alejados, como sucede con la hidrología regional.
- Una tercera situación incluye las acciones que pueden denominarse como perturbadoras. Bajo esta categoría, se puede incluir el desplazamiento que causan las plantaciones de eucaliptos sobre otras formas de uso de la tierra, los productos y el empleo.

La mayoría de los efectos ecológicos descritos en el Capítulo sobre el agua, no son de influencia local; aquellos sobre la fertilidad del suelo y los alelopáticos, son específicos del lugar; los efectos relacionados con la competencia son también locales, aunque la sustitución de un tipo de vegetación por otro podría clasificarse en la categoría de acciones perturbadoras. Todos estos tienen implicaciones sociales; algunas puramente locales, pueden resolverse por medio de un examen de la localidad; otras de más amplia influencia, requieren una evaluación regional o aún de contexto nacional.

Buena parte dependerá también de la magnitud de la plantación propuesta. Los eucaliptos han llegado a ser ampliamente polémicos debido a que se plantan en una gran variedad de sitios y en grandes extensiones. Los efectos son en consecuencia muy evidentes. Además, al igual que se mencionó anteriormente, los eucaliptos se han divulgado a menudo con trompetas triunfales, como los árboles solucionadores de todos los problemas, lo cual les ha traído algunas críticas originadas por las expectativas frustradas.

Como una adición a los cuestionamientos estrictamente ecológicos, establecidos en los primeros Capítulos, los siguientes son aspectos que se consideran relevantes dentro de un contexto social acerca de los eucaliptos y su desarrollo. Los mismos se clasifican de acuerdo con sus ventajas y desventajas y se presentan sin un orden de importancia en especial.

Ventajas

Es un árbol de uso múltiple que suministra madera, sombrío, protección, miel, aceites, y semillas de algunas especies (p. ej. E. microtheca).

Es altamente productivo y cuando crece en condiciones adecuadas puede ser cosechado fácilmente a tala rasa.

La hojarasca se puede recoger para su uso como combustible.

Suministra sombra lateral ligera, ofreciendo buenas posibilidades para los cultivos intercalares; (existen algunas diferencias de opinión acerca de su conveniencia para los cultivos intercalares).

Desventajas

Es un árbol inapropiado para el ramoneo y como forraje.

No es adecuado para cosecharlo con machete cuando está grande.

Tiene dificultades para el desarrollo de las plántulas, el desmalezamiento y la protección de los arbolitos; (algunas de estas son comunes a otras especies de plantas).

La recogida de la hojarasca para combustible predispone el sitio hacia la erosión.

Puede desplazar la agricultura en terrenos adecuados para la producción de alimentos.

Se apropia de terrenos para la plantación, desplazando la mano de obra.

Puede convertir la leña como un artículo comercial donde antes era un bien común.

Todas estas consideraciones que junto con los efectos ecológicos, deben tenerse en cuenta al tomar decisiones de realizar o evitar las plantaciones. Probablemente varían para cada caso, pero cualquier efecto adverso seguramente podría atenuarse mediante una planificación adecuada y el examen de las condiciones locales.

CONCLUSIONES

Cada uno de los Capítulos precedentes incluyó una evaluación de la evidencia disponible, algunas conclusiones específicas cuando fué posible deducirlas, y recomendaciones sobre ciertas guías de acción. No será el propósito de repetir las aquí en detalle, sino más bien la presentación de algunas conclusiones de tipo más general.

Los interrogantes que encararán quienes tienen que decidir sobre plantar o no Eucalyptus, son los siguientes:

En determinadas circunstancias, generarán las plantaciones de Eucalyptus costos, en el más amplio sentido de la palabra, que podrían no estar asociados con la plantación de algunas otras especies?

Si existiesen costos, podrían éstos compensarse por los beneficios (en rápido crecimiento o adaptabilidad a condiciones adversas) que resultarían de las plantaciones de Eucalyptus?

Un interrogante adicional que se presentará a quienes intentan hacer investigación, es el siguiente:

Existe suficiente evidencia, a juzgar por este análisis y por lo que se conoce sobre las implicaciones sociales de las plantaciones de eucalipto, para hacer decisiones válidas sobre estas materias?

Si no existen, qué tipo de información o de programas de investigación se necesitan para llenar estos vacíos?

Cuál es la importancia del problema en términos generales más que en su ámbito local; y qué inversiones en investigación garantizarán la solución del problema?

Efectos Ecológicos

Carácter de la Investigación

Ya se comentó en la introducción y en el texto, sobre dos dificultades: la de emitir

generalizaciones válidas sobre una materia que abarca tantas especies diferentes y circunstancias específicas; y la artificialidad de la distinción entre los costos asociados con los efectos ecológicos y los costos que pueden considerarse más estrictamente como sociales.

La segunda de estas dificultades puede superarse únicamente por medio de un estudio más crítico que el realizado aquí, sobre las actitudes sociales del desarrollo de los eucaliptos y de los costos y beneficios sociales relacionados con ellos. Se recomienda ampliamente llevar a cabo esos estudios para complementar lo hecho hasta el momento.

La primera dificultad no es fácil de solucionar. Si se fueran a establecer suficientes experimentos críticos, para comparar los eucaliptos con plantaciones alternas de árboles y con la vegetación natural, en todos los sitios y circunstancias posibles donde exista probabilidad de presentarse problemas; el trabajo y el costo estarían fuera de toda proporción, en relación con la importancia del problema. De otro lado, las pruebas limitadas sin replicaciones, tales como muchas de las que se han examinado, no son sin embargo válidas para su aplicación en el ámbito local.

La investigación más útil para los propósitos de este estudio, fué de dos tipos: la investigación básica relacionada con la comprensión de los procesos generales (del ciclo del agua y de la hidrología de cuencas hidrográficas; del ciclo de los nutrientes; y de la física de los cinturones protectores) y de aquella que trató de manera crítica y completa todo el sistema (principalmente los estudios integrales sobre cuencas). Sin embargo estos últimos sólo pueden extrapolarse a otros sitios con condiciones similares; y es ilógico pretender que tales estudios, podrían llevarse a cabo para todas las innumerables circunstancias en las que se requieren hacer comparaciones entre los eucaliptos y otras especies.

La manera más provechosa de avanzar en los conocimientos, sería el empleo de los métodos ya desarrollados para los estudios de cuencas y para la circulación de los nutrientes, mejorándolos cuando fuere necesario para su aplicación, con la mayor precisión posible, al caso de los eucaliptos; e identificando los tratamientos más importantes y necesarios para cada caso en particular, con el fin de estimar los efectos factibles resultantes de cualquier interferencia con el sistema (en este caso causada por la plantación de eucaliptos). Si se pudieran diseñar tratamientos relativamente simples, se lograría prevenir con anterioridad cualquier consecuencia grave y se ayudaría a formular las soluciones con suficiente anticipación (por ejemplo la aplicación de fertilizantes). Se recomienda a la FAO fomentar la investigación dentro de este marco de trabajo.

Naturaleza de los Efectos Ecológicos

A continuación se resumen brevemente los principales hallazgos de este estudio :

Agua. Las cuencas cubiertas con bosque tienen una más baja producción hídrica que aquellas cubiertas con rastrojo o pastizales, aunque pueden regular en mejor forma el flujo del agua, dependiendo de las características de su vegetación de sotobosque. Sin embargo, se tiene evidencia de los trópicos húmedos, que las plantaciones jóvenes de eucalipto de rápido crecimiento, consumen más agua y no regulan tan bien el flujo como los bosques naturales.

Existen registros procedentes de un estudio en Australia, afirmando que los eucaliptos pueden reducir la producción hídrica de las cuencas, en mayor proporción que los pinos, pero las pruebas no son concluyentes.

Los eucaliptos se plantan a menudo donde no existían árboles con anterioridad. Bajo estas circunstancias, la producción de agua de las cuencas se reduce y los niveles freáticos se bajan. El efecto es máximo cuando los árboles son jóvenes y crecen rápidamente. Otros géneros de árboles probablemente producirían los mismos efectos.

Las fuertes raíces superficiales de algunos eucaliptos, indican que los mismos compiten vigorosamente con la vegetación inferior y con los cultivos vecinos, en situaciones de escaso abastecimiento de agua.

Falta evidencia importante para resolver dos graves interrogantes: Utilizan más agua los eucaliptos o ejercen un mayor efecto sobre el régimen hídrico que otras especies de árboles? ; y son los eucaliptos más eficientes en el uso del agua, (producen más madera por unidad de agua utilizada) que otras especies? Posiblemente quizás, no exista una respuesta general para cualquiera de estos dos interrogantes.

Erosión. Los eucaliptos no son árboles convenientes para el control de erosión. Bajo condiciones secas suprimen la vegetación inferior por la competencia de las raíces. Este efecto se agrava cuando se recoge o se quema la hojarasca; y se reduce por la construcción de terrazas. Su actuación en cinturones protectores es similar a la de otros árboles del mismo tamaño y configuración.

Nutrientos. Los bosques nativos de eucalipto parecen controlar el lavado y escurrimiento de nutrientes, tan bien como, y aún quizás ligeramente mejor que, otros bosques nativos.

Los efectos de los bosques de eucalipto, sin aprovechamiento, sobre el suelo, dependen de las características del suelo donde están desarrollándose; siendo benéficos en terrenos degradados, y probablemente no tan buenos cuando sustituyen bosques naturales. Existen pruebas que la hojarasca de los eucaliptos no se descompone tan bien (a causa de la reducida actividad de las termitas), como los residuos orgánicos de los bosques nativos de Brachystegia, en Malawi.

Cuando los eucaliptos se plantan sobre terrenos desnudos, se presenta una acumulación

e incorporación de materia orgánica. En la mayoría de los casos es de tipo "mull", aunque también se han reportado humus bruto de tipo "mor". No existen evidencias sobre podsolización o deterioro irreversible del suelo.

Se ha demostrado que los eucaliptos plantados sobre turbas ricas en nitrógeno, incorporan grandes cantidades de nitrógeno y eventualmente podrían utilizarse para reducir la eutroficación.

La cosecha de los eucaliptos en turnos cortos, especialmente cuando se aprovecha toda la biomasa, conduce a un rápido agotamiento de las reservas de elementos nutritivos en el suelo. Lo anterior es una consecuencia directa de su rápido crecimiento, y en buena medida, podría aplicarse de la misma manera a cualquier otra especie altamente productiva, y también asociarse íntimamente con la longitud de la rotación. Existe cierta evidencia sobre una mayor remoción de nutrimentos en plantaciones de pinos de condiciones similares. Deben hacerse estimaciones del "gasto de nutrimentos" para cada caso y decidir las correspondientes aplicaciones de fertilizantes.

Competencia. Los efectos de los eucaliptos sobre la vegetación del sotobosque dependen en gran medida del clima, debido básicamente a la competencia del agua. Los efectos de la reducida iluminación, son probablemente menores que los causados por algunos otros árboles de pino de abundante follaje, a causa de la sombra ligera que provee el dosel de copas de los eucaliptos. La vegetación del sotobosque se afecta menos en condiciones húmedas que en secas, situación esta última que puede llegar a una reducción tal, que deje el suelo desnudo y propenso a la erosión.

Existen pruebas sobre algunos eucaliptos productores de toxinas, inhibidoras del crecimiento de algunas hierbas de ciclo anual.

El número y la diversidad de los animales (evidenciado por los mamíferos, aves e insectos) son menores en las plantaciones de eucaliptos exóticos que en el bosque natural. Aparentemente puede aplicarse la relación común que: el bosque natural > las plantaciones de especies nativas > plantaciones de especies exóticas. Este efecto puede aminorarse, aunque no eliminarse, con un adecuado manejo para mantener ambientes apropiados.

Desplazamiento. Las plantaciones de eucaliptos desplazan ampliamente a los ecosistemas que existieron con anterioridad. La importancia relativa, tanto ecológica como social, de estos ecosistemas originales, debe ser cuidadosamente analizada en relación con los beneficios que podrían obtenerse de las nuevas plantaciones.

Conclusión

En conclusión, luego de haber examinado con gran minuciosidad las evidencias disponibles, se debe recalcar que no hay ni podrá existir una respuesta definitiva, a favor o en contra de las plantaciones de eucaliptos: examinado cada caso en su dimensión individual. No se puede vislumbrar entonces, como la investigación futura de tipo general, aunque más detallada, podría modificar esta conclusión.

Se hace énfasis en que no deben plantarse los eucaliptos, especialmente en gran extensión, sin una evaluación cuidadosa y sensata de las consecuencias sociales y económicas, y sin hacer un gran esfuerzo para equilibrar las ventajas y desventajas. Lo anterior puede hacerse probablemente mejor, mediante un examen característico de las condiciones ecológicas y de las necesidades de la comunidad local. En relación con la ecología, habrá una gran ayuda con el conocimiento de los resultados de la investigación básica sobre el agua, los nutrimentos, etc., a los cuales ya se hizo referencia.

La investigación especial de corto plazo sobre determinados sitios, puede ayudar en alguna forma para la toma de decisiones localmente; pero los resultados de estas investigaciones no deben extrapolarse a otras condiciones diferentes, ni deducirse de ellas generalizaciones inseguras.

BIBLIOGRAFIA COMENTADA

La bibliografía comprende todos los trabajos publicados que pudieron encontrarse sobre los efectos ecológicos de los Eucalyptus. Sólo se incluyeron referencias sobre otros aspectos como crecimiento, silvicultura o materias socio-económicas, cuando fueron relevantes en asuntos ambientales.

Aparte de la referencia, cada entrada contiene otras tres anotaciones: una clasificación por materia, una clasificación por afinidad y aplicación, y un breve resumen del contenido de la publicación. Se hizo todo lo posible para recopilar y leer la bibliografía existente sobre los principales temas del estudio; en unos pocos casos sólo se obtuvo el resumen, y así se indica en la cita correspondiente.

Clasificación por Materias

Cada referencia está clasificada con uno o más índices en la forma siguiente:

- W Uso del agua, hidrología, etc.
- N Uso de los nutrimentos, fertilización, contenido de elementos nutritivos en el suelo y en la biomasa, etc.
- E Otros efectos ecológicos, distintos de N y W.
- G Literatura general (con frecuencia libros) utilizada para preparar el informe.
- R Revisión de otros artículos. Rara vez anotados (se cita el original).
- M Varios. Debates, opiniones personales, aplicaciones, etc.

Clasificación por Afinidad

Cada referencia está clasificada en la forma siguiente:

- xxx Muy útil para este estudio (pruebas sólidas), citada. Referencia clave.
- xx Útil. Citada con frecuencia. Confiabilidad satisfactoria.
- x No muy útil para este estudio. Útil como orientación o por sus ejemplos sobre los efectos ecológicos. Puede ser también poco confiable. La mayoría de los documentos revisados están clasificados en esta categoría.

Al-Mousawi, A.H. y F.A.G. Al Naib. Allelopathic effects of Eucalyptus microtheca F. Muell. Journal of the University of Kuwait (Sci) 2 59-66, 1975

E xx Estudio experimental que confirmó la escasez de especies herbáceas bajo E. microtheca en Irak, debido probablemente al contenido de fenoles y sustancias volátiles en las hojas, más que a la competencia.

Andrae, F. Von y A. Krapfenbauer. Untersuchungen über Biomassen- und Nährstoffverhältnisse in einer vierjährigen Aufforstung mit Eucalyptus saligna Smith in Santa Maria, R.S., Brasilien. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 96 (1) 1-29, 1979

N xxx Estudio completo sobre la biomasa y los nutrimentos y análisis integral del árbol y el suelo. El bajo contenido de P y de K en el suelo en comparación con el árbol, llevó a la conclusión que estaba en peligro el rendimiento sostenido del rodal en cuestión.

Anónimo. Research on relationship between Eucalyptus and soil. FAO, Joint Sub-Commission on Mediterranean Forestry Problems, Working Party on Eucalyptus, 4th session, April-May 1960, Lisbon. Secretariat Note. 2 pp, 1960

NW x Aunque los estudios patrocinados por IUFRO/FAO a finales de los años 50 son confiables, falta aún información sobre las demandas de humedad y de nutrimentos.

Anónimo. Research on the Relationship between Eucalyptus Stands and the Soil. Report from IUFRO-meeting in Munich 1966. p 13-24, 1966

N xx Presenta el estado de los estudios sobre eucaliptos patrocinados por IUFRO/FAO, comenzados a finales de los años 50 (10 referencias). Se presentan datos sobre la absorción de nutrimentos y la influencia del suelo en condiciones mediterráneas. Las conclusiones ("los eucaliptos tienen poca o ninguna influencia negativa sobre el suelo") se basan en datos incompletos.

Anónimo. Map of the world distribution of arid regions. Explanatory note. Unesco, MAB Technical Notes. 7. 55 pp. 1 map, 1977

G xx Contiene un mapa bastante detallado que divide el mundo en zonas hiperáridas, áridas, semiáridas, subhúmedas y húmedas, basado en la precipitación y en la evapotranspiración potencial.

Anónimo. Eucalyptus for wood production. CSIRO, Adelaide, Australia. 434 pp, 1978

G xx Presenta un análisis completo sobre la materia.

Anónimo. Relatório referente ao período de Julho de 1977 a Junho de 1978 do projecto "Estudos do ecossistema eucaliptal". Centro de Estudos Florestais das Universidades de Lisboa. 37 pp, 1978

N xx Presenta la situación de los estudios sobre los eucaliptos en Portugal y algunos resultados. Se presentan datos sobre el contenido de nutrimentos en la corteza y en la madera del fuste del E. globulus. Pocas replicaciones (5 árboles). Da cifras también del contenido de nutrimentos en los cereales. No saca conclusiones. Se presentan planes para nuevas investigaciones en un amplio contexto.

- Anónimo
1978 Tropical forest ecosystems. A state of knowledge report. Unesco/UNEP/FAO, Natural resources research XIV. 683 pp.
G xx Contiene dos capítulos muy útiles para este estudio: "El balance hídrico y los suelos" (256-269) y "Descomposición y ciclos bioquímicos" (270-285).
- Anónimo
1979 Eucalyptus for planting. FAO, Forestry Series No. 11. Rome.
G xx Muy completo pero no contiene nada sobre los efectos ecológicos de la plantación de eucaliptos en gran escala.
- Anónimo
1981 Terrestrial Nitrogen Cycles. Processes. Ecosystem Strategies and Management Impacts. Proceedings of an International Workshop arranged by the SCOPE/UNEP International Nitrogen Unit of the Royal Swedish Academy of Sciences and the Commission for Research on Natural Resources of the Swedish Council for Planning and Coordination of Research, Gysinge Värddshus, Osterfärnebo, Sweden. Ecological Bulletin No. 33 717 pp.
- Anónimo
Programme de Recherche d'Accompagnement du PARFOB (bilan 83 de recherches). Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Centre National de Recherches Forestières, Dakar, Sénégal. 16 pp.
W x La humedad en los tres metros superiores del suelo, bajo una plantación de E. camaldulensis de 0.5-1.5 años de edad, disminuyó en condiciones semiáridas, un año y medio después de haber comenzado las mediciones. La humedad del suelo con bosque natural (Acacia seyal) disminuyó menos y aumentó en el suelo descubierto. No se sacan conclusiones porque el experimento acaba de empezar. Muchas repeticiones. Estudio potencialmente valioso.
- Ashton, D.H.
1975 The Root and Shoot Development of Eucalyptus regnans F. Muell. Australian Journal of Botany 23 867-887.
G xx Describe el sistema radicular del E. regnans en Victoria, Australia, desde la plántula hasta el árbol adulto. Se dan ejemplos para diferentes sitios (laderas, sitios secos, pantanos, etc.). Figuras ilustrativas.
- Attiwill, P.M.
1966 The chemical composition of rainwater in relation to cycling of nutrients in mature Eucalyptus forest. Plant and Soil 24 (3) 390-406.
N xxx La concentración iónica (iones que contienen P, K, Ca, Mg y Na) del agua lluvia recogida bajo la cubierta de copas del bosque, fué mayor que la concentración del agua lluvia recogida en una zona despejada. Parece razonable la conclusión que esto se debe al lavado foliar.
- Attiwill, P.M.
1972 Phosphorus adsorption isotherms and growth responses for a highly weathered Eucalyptus forest soil. Paper for section 3 in "Australian forest-tree nutrition conference", 1971, Canberra, Australia. Forestry and Timber Bureau.
N x La absorción de fósforo y la producción de materia seca del E. delegatensis, el Pinus radiata y el trigo, fueron mayores en un suelo con alto contenido de fósforo que en otro de bajo contenido, en Victoria, Australia.

Awe J.O.; Shepherd, K.R. y R.G. Florence. Root Development in Provenances of Eucalyptus camaldulensis Dehn. Australian Forestry 39 (3) 201-209. 1976

G xx Se examinó el desarrollo radicular de seis procedencias de E. camaldulensis, una de E. saligna y una de E. pilularis, en condiciones naturales simuladas de la zona interior seca de Australia. Los resultados indican que el E. camaldulensis se establece con éxito en un suelo que se seca rápidamente, porque puede producir también con rapidez un exuberante sistema radicular. Se hace una clasificación de las seis procedencias.

Babalola, O. y A.G. Samie. The Use of a Neutron Technique in Studying Soil Moisture Profiles under Forest Vegetation in the Northern Guinea Zone of Nigeria. Tropical Science 14 (2) 159-168. 1972

W xx Se determinó durante un período de 12 meses el perfil de humedad (0-100 cm) de un suelo limo-arenoso bajo un bosque nativo (principalmente de Isorbelinia doka), y el de una plantación de E. citriodora de 10 años de edad bajo condiciones semiáridas. El almacenamiento de agua fué mayor en el bosque natural, pero los eucaliptos fueron capaces de obtener más humedad a profundidades mayores.

Bailly, C.; Benoit de Coignac, G.; Malvos, C.; Ningre, J.M. y J.M. Sarrailh. Etude de l'influence du couvert naturel et de ses modifications à Madagascar. Expérimentations en bassins versants élémentaires. C.T.F.T. (Centre Technique Forestier Tropical), Cahiers Scientifiques No. 4. 114 pp. 1974

W xxx Se realizaron durante 8 años estudios de escorrentía, etc., en cuatro sitios diferentes. El E. robusta evitó en gran medida la erosión en comparación con diversos cultivos. Parece bien fundamentada la conclusión que la reducción de los picos de escorrentía conduce a una menor erosión.

Bailly, C.R. y P.N. Sall. Adaptation de l'Eucalyptus a la sécheresse. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Centre National de Recherches Forestières, Dakar, Sénégal, 6 pp. 1983 ó 84

X ? Se midieron los cambios de humedad del suelo durante 2 años, en condiciones semiáridas, bajo una plantación de E. camaldulensis, otra de Acacia seyal nativa de 30-40 años de edad, y en el suelo desnudo. No se sacaron conclusiones debido al corto tiempo del experimento. El punto de marchitamiento del E. camaldulensis se encontró a un pF 4.8.

Baker, T.G. Dry matter, nitrogen, and phosphorus content of litterfall and branchfall in Pinus radiata and Eucalyptus forests. New Zealand Journal of Forestry Science 13 (2) 205-221. 1983

N xx La concentración de N en la hojarasca fué similar para un rodal de 20 años de E. regnans y en cinco rodales de 18-22 años de Pinus radiata, en la zona central de Gippsland, Victoria, Australia. La concentración de P fué mayor en la hojarasca de los rodales de pino. La hojarasca caída fué aproximadamente el doble en el rodal de eucalipto que en los rodales de pino. Se analizó también la hojarasca de E. obliqua y E. sieberi nativos.

Balagopalan, M. y A.I. Jose. 1984 Distribution of organic carbon and different forms of nitrogen in a natural forest and adjacent eucalypt plantation at Agrippa, Kerala. Abstract of Paper for National Seminar on Eucalyptus, January 30-31 1984, Kerala, India.

N ? Resumen. El pH y la oxidación del suelo con bosque natural (no especificado) fué menor que bajo una plantación de eucalipto. El contenido de carbono orgánico, la capacidad de intercambio de cationes, el N total y las distintas formas de nitrógeno, fueron superiores en el bosque natural. Ninguna figura o descripción se presenta en el resumen.

Baldy, C.; Poupon, H. y A. Schoenenberger. 1970 Etude des variations de la teneur en eau du sol en fonction du couvert végétal en Tunisie du Nord. Annales de l'Institut National de Recherches Forestières de Tunisie 4 (3). 40 pp.

W xx Se describe la distribución de la humedad del suelo bajo E. camaldu lensis, E. maideni, E. saligna, Pinus radiata, P. pinea y en una zona despejada (gramíneas), en Zerniza. Se encontró que los eucaliptos secaban el suelo con mayor rapidez que los pinos durante los tres meses de período seco, siendo distinto el patrón de secamiento a diferentes profundidades. El crecimiento en altura y en diámetro de los eucaliptos fueron "negativos" durante el período seco.

Banerjee, A.K. 1972 Evapo-transpiration from a young Eucalyptus hybrid plantation of West Bengal. Proceeding at Symposium on Man Made Forests in India, June 8-10 1972, Dehra Dun, India. p. III D 17-23.

W xxx Se midieron durante 1 año, la precipitación, el flujo de tallo y la precipitación a través, en una plantación de E. híbrido de 5 años de edad bajo condiciones húmedas. Se calcularon la evapotranspiración y el almacenamiento de humedad del suelo. La conclusión (la humedad del suelo no disminuyó) es sólo indicativa.

Banerjee, S.P. y K. Singh. 1972 Characteristics of the soils of some Eucalyptus plantations of Madhya Pradesh. Proceeding at Symposium on Man Made Forests in India, June 8-10 1972, Dehra Dun, India. p. III D 35-48.

G xx Se describen los suelos de 13 plantaciones de E. híbrido. El análisis de una gran cantidad de datos llevó a los autores a sugerir que, para estas especies: (1) los suelos superficiales no son buenos sitios (suministro de agua y enraizamiento), (2) una banda de CaCO_3 detiene el desarrollo radicular y (3) es atractivo el alto contenido de materia orgánica y de nitrógeno, pero no (4) las condiciones de encharcamiento para el aprovechamiento.

Bara T., S. 1970 Estudio sobre Eucalyptus globulus. I. Composición mineral de las hojas en relación con su posición en el árbol, la composición del suelo y la edad. Evolución del suelo por el cultivo de los eucaliptos en el Monte Muño del Ayuntamiento de Zas (La Coruña). Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid, Comunicación No. 67.

N xx Resumen. Se analizó el contenido de elementos en las hojas y en los suelos arenosos de plantaciones de E. globulus, de 5, 7, 8, 10, 11 y 12 años de edad. El N, P, Mg, Cu y Zn aumentaron en las hojas, mientras que el B y el Al disminuyeron a medida que los rodales llegaron a tener más edad. También disminuyó la capacidad de intercambio de cationes. No se dieron cifras.

Bara T., S. Avance de los resultados de los efectos del eucalipto sobre la composición granulométrica y química del suelo en Lourizán (Pontevedra). Departamento Forestal de Zonas Húmedas, Pontevedra, España. 11 pp.

N xx Las características del suelo en una plantación de aproximadamente 100 años de edad de E. globulus, fueron análogas a las de un rodal de Quercus robur (de edad desconocida) y de un rodal de Pinus pinaster de 20 años de edad, en la zona húmeda del NO de España. No fué posible evaluar la conclusión que los cultivos de Eucalyptus no degradaron el suelo, ni agotaron las reservas de nutrimentos en el área, ya que las distintas especies se plantaron en suelos diferentes.

Bara T., S. Efectos ecológicos del Eucalyptus globulus en Galicia. Documento presentado a la 1a. Asamblea Nacional de Investigación Forestal, Mayo 1982, Madrid, España.

N x Informe sobre el mismo trabajo anterior.

Bara T., S. Efectos del Eucalyptus globulus sobre la composición de los suelos de 1983 Galicia. I. Índice estimativo de la degradación. Documento presentado al Seminario de Estudios Gallegos, Area de Ciencias Agrarias. II Jornadas de Estudio sobre el Tema "Os usos do Monte en Galicia", Octubre 1983, Lourizán, Pontevedra, España.

N x Informe sobre el mismo trabajo anterior.

Bell, F.C. y M.T. Gatenby. Effects of exotic softwood afforestation on water yield. Water Research Foundation of Australia, Kingsford, N.S.W. Bulletin No. 15 99 pp.

W ? Resumen. Se describen 11 cuencas de Nueva Gales del Sur, Australia. Conclusiones: No hay diferencias en las producciones de agua derivadas de un rodal adulto de Pinus radiata, en comparación con un bosque de eucalipto adulto. Las especies hicieron también casi un mismo uso del agua. Las conclusiones no se pueden evaluar a partir del resumen, y además, el método de comparación del uso de agua no es suficientemente exacto.

Bellote, A.F.J.; Sarruge, J.R.; Hagg, H.P. y G. D. de Oliveira. Absorção de macro nutrientes e micronutrientes pelo Eucalyptus grandis (Hill, ex-Maiden) em função da idade, Silvicultura 8 (32) 633-643.

N x Se analizó el contenido de elementos en distintas partes de una serie de plantaciones de E. grandis de 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 años de edad, en Sao Paulo, Brasil. Las cifras fueron calculadas erróneamente y no permiten sacar conclusiones.

Bernhard-Reversat, F. Décomposition et incorporation a la matière organique du sol
1982 de la litière d'Eucalyptus camaldulensis et de quelques autres essences. II. Evolution des substances solubles de la litière dans le sol. III. Fractionnement granulométrique de la matière organique du sol superficiel. ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer), Centre de Dakar-Hann. 33 pp.

N xx Se comparó en dos lugares de Senegal, en condiciones semiáridas, la mineralización de la hojarasca del E. camaldulensis y de la Acacia seyal. Después de 8 días, el 50% de la hojarasca de la acacia se había mineralizado, tanto en un suelo arenoso como en uno arcilloso, mientras que las proporciones de la hojarasca de eucaliptos fueron el 34% y el 25% respectivamente. Cuatro replicaciones y nuevos análisis del contenido de la hojarasca (mas polifenoles en el mantillo de eucalipto), confirmaron la confiabilidad de los resultados.

Bernhard-Reversat, F. Les cycles biochimiques des éléments minéraux en plantations
1983 ó 84 d'Eucalyptus camaldulensis et en forêt naturelle à Acacia seyal au Sénégal (1ère année de mesures: 1980-81). ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer), Centre de Dakar. 17 pp.

N xxx Se midió durante un año, el contenido de nutrimentos en el suelo, el sotobosque, la hojarasca y la precipitación a través, en rodales de E. camaldulensis y de Acacia seyal. El autor concluyó que el contenido de K en el suelo era limitado y el P no fue asimilado en su debida magnitud (ocasionado quizás por la falta de micorrizas). Muchas replicaciones.

Bhatia, C.L. Eucalyptus in India - its status and research needs. Indian Forester 110
1984 (2) 91-96.

R x Se hace una breve reseña de los Eucalyptus en la India y se enumeran las especies que han dado mejores resultados. El autor establece, sin sustento experimental, que los eucaliptos son especies arbóreas más favorables que el "sal" (Shorea robusta) para retener tanto la humedad del suelo como su fertilidad, pero destaca la necesidad de realizar más investigación.

Birot, Y. y J. Galabert. Economie de l'eau et travail du sol dans les plantations
1969, a,b, forestières de zone sèche. Application a la zone Sahélo-Soudanaise. Bois et Forêts des Tropiques No. 127 29-44, 128 23-37

G x Los autores analizan la evapotranspiración real y potencial y concluyen, sobre todo a partir de las investigaciones del C.T.F.T. en Alto Volta, que los árboles (en este caso el E. crebra) disminuyen su tasa de transpiración cuando el suelo se seca (No. 127).

G x Los autores establecen que las diferentes especies arbóreas utilizan distintos niveles de humedad, y presentan ejemplos de los sistemas radicales y de la fluctuación del contenido de humedad en el suelo durante un año (experiencias y resultados de las investigaciones del C.T.F.T. en Alto Volta) (No. 128).

Birot, Y. y J. Galabert. Economie de l'eau et travail du sol dans les plantations forestières de zone sèche. Application a la zone Sahélo-Soudanais. Bois et Forêts des Tropiques No. 129 3-20, 130 12-22.

G x Ensayos de plantación en Alto Volta. Se describe la preparación del suelo para mejorar la capacidad de retención de agua y la penetración de las raíces (No. 129).

G x Sobre la preparación del suelo para economizar la humedad. (Alto Volta). No. 130).

Birot, Y. y J. Galabert. Bioclimatologie et dynamique de l'eau dans une plantation d'Eucalyptus. C.T.F.T. (Centre Technique Forestier Tropical), Cahiers Scientifiques No. 1. 51 pp.

W xx Se describe el crecimiento y la dinámica del agua en una plantación de E. crebra en Alto Volta, del segundo al cuarto año después de la plantación. La reserva de humedad en el suelo fué disminuyendo, llegándose a la conclusión de que algunos árboles de la plantación, probablemente morirían a medida que alcanzaran un mayor desarrollo. No existen pruebas, sin embargo, para afirmar que los eucaliptos en general, secan demasiado el suelo para su propio desarrollo. Este pudo ser un ejemplo de la plantación de eucaliptos en un sitio equivocado (demasiado seco o mal preparado).

Bolotin, M. Growth of eucalypts on dune sand as related to soil profile. Contributions on Eucalyptus in Israel II, Ilanot and Kiriat Hayim, Israel, 13-17.

W x De dos plantaciones fracasadas con E. gomphocephala y E. camaldulensis, en dos localidades (ambas sobre dunas de arena en Israel), el autor llegó a la conclusión que la falla fué causada por un "hardpan" situado a 1-2 m de profundidad en el suelo. Esa capa impidió el abastecimiento de agua para los árboles jóvenes durante los períodos secos.

Callister, P. Native shelterbelts protecting our trees while protecting our soil. Soil & Water, Issue No. 1 1983, 33-34.

M x El autor sugiere que los cinturones protectores deben plantarse con una hilera de especies de crecimiento rápido y una o más hileras de especies nativas de crecimiento lento. Los eucaliptos podrían utilizarse como especies de crecimiento rápido. La sugerencia procede de experiencias en Nueva Zelandia. Se enumeran una serie de especies nativas adecuadas.

Chaturvedi, A.N. Eucalyptus in India. Indian Forester 102 (1) 57-63. 1976

R x El documento describe la introducción de los eucaliptos en la India, ensayos y experimentos, técnicas de plantación, etc. Se acompañan tablas de rendimiento de un E. híbrido.

Chijioke, E.O. Impact on soils of fast-growing species in lowland humid tropics. FAO Forestry Paper 21. 111 pp. 1980

G xx El informe trata de la Gmelina arborea y del Pinus caribea en plantaciones exóticas. El autor destaca el riesgo del agotamiento de los nutrientes del suelo en plantaciones de rotación corta y recomienda realizar análisis frecuentes de la fertilidad del suelo.

Chilvers, G.A. The root pattern in a mixed eucalypt forest. Australian Journal of Botany 20 229-234.

G x Estudios sobre el comportamiento del sistema radicular en un bosque mezclado de E. fastigata/E. Dalrympleana, en el SE de Australia, demostraron que las raíces de las dos especies en competencia se entremezclan y penetran hasta cerca del tronco siguiente.

Chinnamani, S.; Gupte, S.C.; Rege, N.D. y P.K. Thomas. Run-off studies under different forest covers in the Nilgiris. Indian Forester 91 (8) 676-679.

W xxx Se presentan los caudales medidos durante 7 años, como un porcentaje de la precipitación, en un lugar con un 16% de pendiente, en las Colinas Nilgiris al Sur de la India. La precipitación anual es de 1340 mm y el experimento incluyó tres repeticiones. El caudal procedente de sitios con E. globulus, Acacia mollissima y del "shola" (bosque submontano perennifolio), fué un poco superior al 1%. El caudal producido por la retama (Cytisus scoparius) fué menor y el de los pastizales despreciable. El caudal mostró una relación con la intensidad de lluvia.

Claudot, M. Influence de l'eucalyptus sur l'evolution des sols au Maroc. FAO, Sous-Commission de Coordination des Questions Forestières Méditerranéennes, Groupe de Travail des Eucalyptus, deuxième session, 25 et 26 mai 1956, Nice, France. 2 pp.

N x Se analizó el suelo bajo un rodal de E. camaldulensis en Marruecos (condiciones semiáridas). La materia orgánica en los suelos pobres se recuperó lentamente.

Cozzo, D y M.H.C.K. de Riveros. Registro de la caída de materia orgánica y elementos minerales en una plantación de ocho años de Eucalyptus camaldulensis. Documento para el Primer Congreso Forestal Argentino, Octubre 6-11, 590-598.

N x Se compararon las características del suelo en una plantación de E. camaldulensis de 8 años de edad y 17 m de altura, y en un pastizal con gramíneas. El contenido de materia orgánica fué aproximadamente el doble en el rodal de eucaliptos que en el pastizal. La capilaridad fué superior en el suelo del pastizal, mientras que el contenido de Ca, Mg y P no difería mucho en ambos lugares. Pocas repeticiones.

Crane, W.J.B. y R.J. Raison. Removal of phosphorus in logs when harvesting Eucalyptus delegatensis and Pinus radiata forest on short and long rotations. Australian Forestry 43 (4) 253-260.

N xxx Se comparó la extracción de P por el E. delegatensis y el Pinus radiata para diferentes edades de rotación. A medida que se acorta el turno, se aumenta la cantidad de P extraído por unidad de madera aprovechada para ambas especies. Se analiza la relación duramen/albura y la concentración de elementos nutritivos en los dos tipos de madera.

Crane, W.J.B. y R.J. Raison. The nutritional effect of short rotational silviculture. 1983 Silvicultura 8 (32) 670-672.

N xxx Igual presentación y discusión que en Crane y Raison (1980). Los autores también concluyen que el E. delegatensis es más económico en el aprovechamiento del P que el Pinus radiata, al menos después de los 7 años de edad, cuando comienza a formarse el duramen en el eucalipto.

Crane, W.J.B.; Raison, R.J.; Nicholls, G.H. y C.M. Godkin. The effect of rotational age on the phosphorus requirements of forest plantations. Proceedings of Australian Forest Nutrition Workshop "Productivity in Perpetuity", 1981, Canberra, Australia.

N xxx Se presentan los mismos resultados que en Crane y Raison (1980-1983).

Cromer, R.N. y E.R. Williams. Biomass and nutrient accumulation in a planted E. globulus (Labill) fertilizer trial. Proceedings of Australian Forest Nutrition Workshop "Productivity in Perpetuity, 1981, Canberra, Australia.

N x Resumen. Una plantación de E. globulus en Victoria, Australia, fué tratada con 4 dosis de fertilizantes de nitrógeno y fósforo, poco después de su plantación. Fué obvio el efecto positivo sobre el crecimiento, generado por la fertilización.

Cromer, R.N.; Williams, E. y D. Tompkins. Biomass and nutrient uptake in fertilized E. globulus. Silvicultura 8 (32) 672-674.

N x El mismo experimento que en Cromer y Williams (1981). La producción de madera de fuste, tanto en porcentaje de la producción total de biomasa como en la absorción de N y P en el tronco, aumentó después de la fertilización.

Dabral, B.G. Preliminary observations on potencial water requirement in Pinus roxburghii, Eucalyptus citriodora, Populus casale (488) and Dalbergia latifolia. Indian Forester 96 (10) 775-780.

W xx Se midió la evapotranspiración del Pinus roxburghii (2 plántulas), Populus casale (3), E. citriodora (3) y Dalbergia latifolia (4) con un evapotranspirómetro. La edad de las plántulas varió de 6 a 22 años. Los resultados no fueron concluyentes debido al escaso número de replicaciones y a la dudosa aplicabilidad para árboles adultos en el campo.

Dabral, B.G. y B.K. Subba Rao. Interception studies in chir and teak plantations - New Forest. Indian Forester 94 (7) 541-551.

W xx Se midieron durante tres años el flujo de tallo y la precipitación a través en rodales de Pinus roxburghii y Tectona grandis, en el Norte de la India. La interceptación calculada fué el 27.0% y el 20.8%, respectivamente, de la precipitación. En razón a que se tomaron pocas muestras del flujo de tallo, los resultados son sólo indicativos.

Dabral, B.G. y B.K. Subba Rao. Interception studies in sal (Shorea robusta) and Khair (Acacia catechu) plantations - New Forest. Indian Forester 95 (5) 314-323. 1969

W xx Se midieron durante 3 años, el flujo de tallo y la precipitación a través en rodales de "sal" y de "khair", en el norte de la India. La interceptación calculada fué el 38.2% y el 20.8%, respectivamente, de la precipitación. Debido a que se tomaron pocas muestras del flujo de tallo, los resultados son sólo indicativos.

Dietz, J.M.; Couto, E.A.; Alfnas, C., A.; Faccini, A. y G.F. da Silva. Efeitos de duas plantações de florestas homogêneas sobre populações de mamíferos pequenos. Brasil Florestal No. 23 54-57. 1975

E xxx Se determinó el número de individuos y las especies de pequeños mamíferos, en 4 bosques distintos de Minas Gerais, Brasil. En una plantación de Araucaria angustifolia de 31 años de edad, había significativamente más individuos que en una plantación de E. saligna de 10 años de edad, y que en dos bosques naturales de 15 y 52 años de edad. El número de especies varió entre 2 y 3, en los distintos rodales.

Evans, J. Plantation Forestry in the Tropics. Clarendon Press, Oxford. 472 pp. 1982

G xx Presenta un análisis completo de la materia.

Feller, M.C. Nutrient movement into soils beneath eucalypt and exotic conifer forests in southern central Victoria. Australian Journal of Ecology 3(4) 357-372. 1978

X x Resumen. El volumen del lavado de nutrientes del suelo forestal, fué mayor en dos bosques de eucaliptos (E. obliqua y E. regnans) que en dos plantaciones contiguas de Pinus radiata y Pseudotsuga menziesii, en la parte sur del centro de Victoria, Australia. Parece razonable la conclusión del autor, al atribuir a las coníferas mayores pérdidas de agua por interceptación.

Feller, M.C. Water balance in Eucalyptus regnans, E. obliqua, and Pinus radiata forest in Victoria. Australian Forestry 44 (3) 153-161. 1981

N x Resumen. Se calculó la distribución de la precipitación dentro de un bosque, en forma de precipitación a través, flujo de tallo, interceptación del dosel y del piso forestal, y lixiviación en el suelo, mediante mediciones en dos bosques de eucaliptos (E. regnans y E. obliqua) y en una plantación de Pinus radiata, a unos 60 km al NE de Melbourne, Australia. La interceptación fué mayor en el bosque de pino que en el de eucaliptos. En el resumen no se dan cifras.

Florence, R.G. y R.L. Crocker. Analysis of blackbutt (Eucalyptus pilularis Sm.) seedling growth in a blackbutt forest soil. Ecology 43 (4) 670-679. 1962

E xx Se irradió suelo que contenía plántulas de E. pilularis en un rodal natural de E. pilularis. Se indujo el desarrollo de pelos radiculares, el crecimiento de brotes, etc.; lo cual pudo ser ocasionado por el antagonismo directo de los micro-organismos.

Florenzano, G. Ricerche sui terreni coltivati ad eucalitti (II: Ricerche micro biologiche e biochimiche). Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale 1 133-152.

E xx Se describió la actividad microbiológica en suelos bajo E. botryoides, E. gomphocephala, E. maidenii (Latínia, Italia) y bajo E. camaldulensis y se compararon con suelos testigos no cultivados. Las bacterias, especialmente las nitrificantes, fueron escasas en los eucaliptos, mientras que el contenido de hongos fué superior en el suelo con eucaliptos.

Florenzano, G. Ulteriori indagini sui terreni coltivati ad eucalitti (II: Ricerche microbiologiche). Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale 2 243-258.

E xx Fueron diferentes los resultados obtenidos con una investigación similar a la de Florenzano (1956), realizada en un rodal de E. camaldulensis en terrenos arenosos de Sicilia, Italia. La actividad microbiológica fué superior en el suelo de eucaliptos que en el suelo de la parcela de control. No se analiza la diferencia entre las dos investigaciones.

Fox, A.V. Afforestation on difficult sites, eroded areas and steep slopes: with special emphasis on the Mambilla plateau. FAO, Paper for Symposium on Savanna Afforestation in Africa, 1976, Kaduna, Nigeria. 9 pp.

M x Un capítulo (p. 187) presenta un ejemplo de los problemas que pueden producirse al utilizar E. grandis para leña, en Nigeria. La especie rebrota mejor durante el máximo de la estación húmeda, cuando generalmente no se necesita cantidad alguna de productos forestales. Durante el período seco se muere aproximadamente el 25% de los brotes.

Friend, G.R. Mammal populations in exotic pine plantations and indigenous eucalypt forests in Gippsland, Victoria, Australian Forestry 45 (1) 3-18.

E xx Resumen. Las comparaciones realizadas en Australia entre plantaciones de Pinus radiata de distintas edades y bosques nativos adyacentes de eucalipto, demostraron que en las plantaciones de pino era menor la riqueza de especies de las poblaciones de mamíferos y mayor la proporción de especies introducidas.

George, M. Interception, stemflow and throughfall in a Eucalyptus hybrid plantation. Indian Forester 104 (11) 719-726.

W xx Se midieron el flujo de tallo y la precipitación a través durante 12 meses, en una plantación de E. híbrido de 6 años de edad, en el Norte de la India. Se calculó la interceptación como el 11.65% de la precipitación total de 1671.7 mm. No se hicieron comparaciones con otras especies en el mismo experimento.

- George, M. 1979 Nutrient return by stemflow, throughfall and rainwater in a Eucalyptus hybrid plantation. Indian Forester 105 (7) 493-499.
- N x Se midió la concentración de elementos nutritivos en el flujo de tallo, la precipitación a través y el agua lluvia, en una plantación de E. híbrido. La concentración disminuyó en el siguiente orden: flujo de tallo, precipitación a través y agua lluvia. Se calculó el aporte total de nutrientes (kg/ha/año); también en los residuos orgánicos. No se hicieron comparaciones con otras especies.
- George, M. 1982 Litter production and nutrient return in Eucalyptus hybrid plantations. Indian Forester 108 (4) 253-260.
- N x Se midió la concentración de nutrimentos en la hojarasca y en el total de residuos caídos, en tres plantaciones de E. híbridos (de 5, 7 y 10 años de edad). Se hizo una comparación del aporte de los distintos elementos en el flujo de tallo, la precipitación a través más la precipitación. Fué un estudio bastante completo .
- George, M. 1984 Research needs in Eucalyptus plantations. Abstract of Paper for National Seminar on Eucalyptus, January 30-31 1984, Kerala, India.
- R xx El autor recomienda dejar la corteza al hacer el aprovechamiento de una plantación de E. híbrido, porque contiene una parte proporcionalmente alta de los nutrimentos almacenados en la biomasa.
- Ghosh, R.C.; Kaul, O.N. y B.K. Subba Rao. 1978 Some aspects of water relations and nutrition in Eucalyptus plantations. Indian Forester 104 (7) 517-524.
- R x Los autores citan 14 referencias sobre interceptación, escorrentía, etc., en plantaciones de eucaliptos. Concluyen que las quejas sobre los efectos negativos de las plantaciones de eucaliptos en la India, son relativamente exageradas.
- Ghosh, R.C.; Kaul, O.N. y B.K. Subba Rao. 1980 Eucalyptus plantations (Water Relation and Nutrition). Forest Research Institute & Colleges, Dehra Dun, India. Extension Series 5* 12 pp.
- R x El mismo artículo que Ghosh y otros (1978).
- Giordano, E. 1969 Osservazioni sull'apparato radicale del 1'Eucalyptus globulus Labill. Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale 10 135-147.
- G x Se describen los sistemas radiculares de dos especímenes de E. globulus, en un terreno arenoso de Italia. Tenían 7 años de edad y un espaciamiento de 2 x 2 m. La mayoría de las raíces se encontraban entre 1 y 2 m de distancia del árbol y a un metro de profundidad. Se formaron raíces principales de 4 y 2 m de longitud, respectivamente.

Giulimondi, G. Observations on cultivated soils adjacent to eucalypt windbreaks.
1960 FAO, Joint Sub-Commission on Mediterranean Forestry Problems, Working Party on Eucalyptus, fourth session, April-May 1960. Lisbon. 3 pp.

E xx Presenta los resultados del estudio comentado más adelante en Giulimondi y Giovanni (1963).

Giulimondi, G. Windbreaks, Shelterbelts, Influence on Crops (Italy). Second World
1961 Eucalyptus Conference, Sao Paulo, August 13-28 1961. Reports and Documents Vol. II 1004-1007.

E xx Presenta los resultados del estudio comentado en Giulimondi y Giovanni (1963).

Giulimondi, G.; Funicciello, M y G.M. Arru. Ricerche sui terreni coltivati ad
1956 eucalitti (I: Ricerche chimico fisiche). Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale 1 111-130.

E x Se examinaron las características químicas y físicas de 11 perfiles de suelo, en rodales de E. camaldulensis, E. maidenii y E. botryoides, en dos lugares de Italia (Latium y Arborea, en Sicilia). También se investigaron 10 perfiles testigos. Como los resultados se basaron en mediciones realizadas una sola vez, la conclusión sobre el deterioro químico del suelo causado por los eucaliptos no está bien fundamentada.

Giulimondi, G. y E. Giovanni. Ricerche sull'umidità del terreno in prossimità del
1963 frangiventi di eucalitto. Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale 7 55-80.

E xxx Se examinaron en Italia durante tres años, los efectos de dos rompevientos de eucalipto sobre la humedad del suelo y la vegetación. Los cortavientos consistían de fajas de 5 m de ancho de E. x trabuttii de 52 años de edad, en Catania, y de E. camaldulensis de 30 años de edad, en Latinia. Los suelos eran franco arcillo limoso y arena respectivamente. El agotamiento de la humedad del suelo fué notable a 10 y 20 m de los diferentes cortavientos. En Latinia la producción de alfalfa disminuyó hasta 20 m del cortaviento.

Gonzales, E.E. Efecto de la localización de los fertilizantes fosfatados en el cre
1973 cimiento del eucalipto. Documento para FAO/IUFRO Simposio Internacional en Fertilización Forestal, Diciembre 3-7 1973, París.

W x Se utilizaron NPK, NP, PK y P en un ensayo de fertilización de E. globulus, en las zonas húmedas del NE de España. Los abonos se colocaron (1) en el fondo de un hoyo para plantación, ó (2) mezclados con el suelo. El N se colocó siempre superficialmente. Se encontró respuesta positiva únicamente con el P. La mezcla del abono con el suelo (2) dió mejores resultados.

Gonzales E.E. 1983. Conteúdo mineral de Eucalyptus globulus, Pinus pinea, e Quercus suber e a biociclagem de alumínio destas especies nos mesmos tipos de solo e clima mediterrâneo. Silvicultura 8 (32) 675-678.

N x Se midió el contenido de nutrimento en la madera y en la corteza de E. globulus, Pinus pinea y Quercus suber en España (400-800 mm de lluvia y 5 meses secos al año). El autor llega a la conclusión que todos los elementos nutritivos, excepto el N y el P, extraídos con el aprovechamiento de E. globulus en este lugar, serán reabastecidos por la naturaleza (por meteorización y depositación atmosférica; hay una referencia para esta última).

Goor A.Y. y Barney C.W. 1976. Forest Tree Planting in Arid Zone. 2nd ed. New York. The Ronald Press Co. 504 pp.

G xx Texto de carácter general.

Greenwood, E.A.N. y J.D. Beresford. 1979. Evaporation from vegetation in landscapes developing secondary salinity using the ventilated-chamber technique. I. Comparative transpiration from juvenile Eucalyptus above saline groundwater seeps. Journal of Hydrology 42(3/4) 369-382.

W x Se realizaron estudios de transpiración con varias especies de eucalipto cerca a Perth, Australia. En un lugar, la tasa de transpiración se elevó hasta 3 veces del nivel inicial durante el verano, indicando así que las raíces habían alcanzado una zona con mayor contenido de humedad.

Gupta, A.C. y D.P. Raturi. 1984. Distribution of organic matter and nutrient content in a Eucalyptus hybrid plantation on lateritic soil in West Bengal. Indian Forester 110 (2) 122-128.

N x Se determinaron el contenido de nutrimentos y la biomasa de la parte área de una plantación de E. híbrido de 10 años de edad, en Bengala Occidental, India. La principal conclusión, basada únicamente en 6 árboles de muestra, fué que la relativa baja absorción de fósforo en este experimento, ocurrió como resultado de la pobreza intrínseca del suelo.

Gupta, A.C.; Ullah, W. y V.C. Isaac. 1975. A note on some soil moisture changes under permanent vegetative cover. Indian Forester 101 (9) 523-526.

W x Se realizó un estudio durante dos meses sobre la humedad del suelo bajo "bosque de Eucalyptus, terreno de barbecho, bosque de Acacia y pastizal", en una zona semiárida de Jodhpur, India. La descripción del estudio y de los resultados no son completos, y en tal virtud es imposible evaluar las conclusiones presentadas.

Gupta, R.K. 1984, a. Role of Eucalyptus in soil and water conservation vis-a-vis social/agroforestry. Abstract of Paper for National Seminar on Eucalyptus, January 30-31 1984, Kerala, India.

R xx Es un análisis completo e imparcial de los resultados de investigaciones sobre la utilización de agua y nutrimentos por los eucaliptos. No se sacan conclusiones, ni podrían sacarse, sobre el efecto ecológico de los eucaliptos a partir de las 50 referencias citadas (49 corresponden a la India).

Gupta, R.K. Role of Eucalyptus in soil and water conservation vis-a-vis social and agro-forestry. Workshop on Eucalyptus plantation, June 29 1984, Bangalore, India. Papers and Proceedings 113-134.

R x Igual que Gupta (1984, a).

Haag, H.P.; Rocha Filho, J.V. de C.; de Oliveira, G.D. y J.R. Sarruge. Influencia de florestas implantadas de Eucalyptus e Pinus sobre las propiedades químicas do solo. Silvicultura 8 (32) 643-645.

N x Se determinó el contenido químico de los residuos orgánicos (0-20 cm) bajo plantaciones de E. citriodora de 20 años de edad y de Pinus taeda de 24 años de edad, en Sao Paulo, Brasil. La materia orgánica del suelo, el contenido de K^+ , Mg^{2+} y Al^{3+} fue superior en el eucalipto. No hay detalles sobre el tamaño del experimento.

Haag, H.P.; Sarruge, J.R.; de Oliveira, G.D.; Poggiani, F. y C.A. Ferreira. 1976 Análise foliar em cinco espécies de eucaliptos. IPEF. No. 13 99-116.

N x El análisis foliar y las mediciones de los incrementos de árboles de 8 años de edad de E. grandis, E. microcory, E. resinifera, E. robusta y E. saligna en Sao Paulo, Brasil; demostraron la existencia de una correlación entre la alta concentración de nutrientes en las hojas y el incremento.

Henrici, M. Transpiration of South African plant associations (Part II; Indigenous and exotic trees under semi-arid conditions). Union of South Africa, Department of Agriculture, Botany and Plant Pathology, Series No. 9, Science Bulletin No. 248. 19 pp.

W x Se midieron las tasas de transpiración de un grupo de especies arbóreas, nativas e introducidas, en Suráfrica. De los resultados no pueden deducirse tendencias claras. Se analizan ampliamente los mecanismos de regulación del agua en las plantas.

Herbert, M.A. The response of Eucalyptus grandis to fertilizing with nitrogen, phosphorus, potassium and dolomitic lime on a Mispah soil series. South African Forestry Journal No. 124 4-12.

N x Resumen. Nueve años después de fertilizar plántulas de E. grandis con NPK y caliza dolomítica en Suráfrica, se mejoró la forma del tronco y se aumentó la producción, en comparación con plántulas no abonadas.

Heth, D. y R. Karschon Interception of rainfall by Eucalyptus camaldulensis Dehn. 1963 Contributions on Eucalyptus in Israel II, Ilanot and Kiriath Hayim, Israel, 7-12.

W x Durante dos años se midieron el flujo de tallo y la precipitación a través, en dos plantaciones de E. camaldulensis de 7 y 8 años de edad, en la llanura costera Central de Israel (precipitación anual 600 mm). Se calculó la interceptación como el 14.3% de la precipitación el primer año y el 14.9% el segundo año. El flujo de tallo se midió en 6 árboles.

- Hingston, F.J. Sources of, and sinks for, nutrients in forest ecosystems. Proceedings 1977 Nutrient Cycling in Indigenous Forest Ecosystems Symposium. CSIRO División of Range Management. Perth, Western Australia.
N x Es un estudio útil.
- Hopmans, P.; Flinn, D.W. y P.W. Farrell. Nitrogen mineralisation in a sandy soil 1980 under native eucalypt forest and exotic pine plantations in relation to moisture content. Communications in Soil Science and Plant Analysis 11 (1) 71-79.
N x Resumen. Se encontró que la amonificación depende en gran medida de la humedad del suelo, y que es ligeramente superior en el suelo bajo un bos que nativo de eucalipto que bajo una plantación de Pinus radiata en Australia.
- Hurditch, W.J.; Charley, J.L. y B.N. Richards. Sulphur cycling in forests of Fraser 1980 Islands and coastal New South Wales. Sulphur in Australia. Paper delivered at workshop convened by the Australian National Committee for SCOPE "Suphur Cycling in Australian Ecosystems", April 3-4 1978, Canberra, Australia.
N x Se describe la concentración del azufre y su circulación en dos roda les naturales de eucalipto (E. pilularis y E. microcorys).
- Irion, G. Holzplantage im Urwald? Naturwissenschaften 68 (3) 133-138. 1981
M x Resumen. Se diagnostica el agotamiento total del suelo en un proyecto de madera para pulpa, en la región Amazónica del Brasil; después de la se gunda generación de E. deglupta y de otras especies de crecimiento rápido.
- Iyengar, N.S. y N.S.S. Narayana. Eucalyptus: To grow or not to grow. Workshop on Eucalyp 1984 tus Plantation, June 29 1984, Bangalore, India. Papers and Proceedings 223-227.
M x El autor presenta un modelo económico en el que se incluyen los cos tos y beneficios privados y sociales del cultivo de Eucalyptus. India.
- Jackson, J.K. Use of fertilizers in savanna plantations. Voluntary paper prepared for 1977 the FAO/DANIDA Training course on Forest Nursery and Establishment Techni ques for African Savannas, which was cancelled. Lecture notes 152-159.
N x Tratado general sobre la fertilización de Eucalyptus en la sabana Africana. Se describe la deficiencia de boro. Se presentan 3 cuadros con los resultados de los ensayos de fertilización.
- Jacobs, M.R. Growth habit of Eucalyptus. Forest and Timber Bureau, Canberra, Austra 1955 lia. 262 pp.
G xx Hace un análisis completo sobre la materia.
- Jamet, R. Evolution des principales caractéristiques des sols des reboisements de 1975 Loudima (Congo). Cahier ORSTOM, série Pédologie No. 8 (3/4) 235-253.
N xx Se midieron algunas características químicas del suelo en varios roda les de eucalipto de 5-15 años de edad, en rodales de pino de 6-11 años de edad, y en vegetación de sabana, en el sur del Congo. La materia orgánica fué menor en los rodales de eucalipto y mucho menor en los rodales de pino que en el suelo de sabana. La relación C/N fué similar en todos los suelos, y mien tras más antiguas las plantaciones más ácido fué el suelo superficial.

- Jamet R. 1975 Evolution des principales caractéristiques des sols des reboisements de Pointe-Noire, ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer), Centre de Brazzaville. 38 pp.
- N xx Se midieron las características químicas del suelo bajo plantaciones de pino y de eucaliptos, sembradas desde 1953, en suelos arenosos pobres inapropiados para la agricultura, en la llanura costera cercana a Pointe Noire, en el Congo. Hubo una mejor humificación de la materia orgánica con los eucaliptos; cierta acidificación, podsolización y reducción del calcio con el pino; y un aumento del potasio con los eucaliptos.
- Jensen, A. Martin. 1983 Shelterbelt effects in tropical and temperate zones. International Development Research Centre Manuscript Reports. IDRC-MR80e, 61 pp.
- R xxx Se trata de un valioso análisis general sobre los cinturones protectores.
- Jha, M.N. y P. Pande. 1984 Impact on growing Eucalyptus and sal monocultures on soil in natural sal area of Doon Valley. Indian Forester 110 (1) 16-22.
- N xx En un estudio realizado en el norte de la India, se compararon las características del suelo bajo plantaciones de Shorea robusta, E. camaldulensis y S. robusta natural. Aunque el estudio fué limitado, los autores concluyeron que los monocultivos de eucalipto no dañaban el suelo del "sal" natural y también demostraron que eran superiores, en este respecto, al monocultivo de "sal".
- Jha, M.N. y R.K. Rathore. 1981 A study of soil moisture patterns in Eucalyptus and pine stands. Indian Forester 107 (7) 420-425.
- W x Después de un período sin monzones, ocurrió el agotamiento de la humedad del suelo en un rodal de Eucalyptus y en otro de Pinus, en un experimento sin repeticiones, en el norte de la India. Los resultados no permiten hacer generalizaciones.
- Jocqué, C.A. Malawi. A terrestrial baselines study of the Viphya Pulpmill Project Area. FAO Internal Report.
- E xx Contiene una comparación útil de la araña Nephila y de la actividad de las termitas, entre un bosque de Brachystegia y una plantación de eucaliptos.
- Kadeba, O. y E.A. Aduayi. 1984 Soil properties under Pinus caribaea stands and natural tropical savanna vegetation. Submitted for publication by Elsevier (In (en imprenta) Amsterdam).
- ta).
N ? No fué revisado.

Kaplan, J. 1961 Water Relations in Eucalypts. Second World Eucalyptus Conference, São Paulo, August 13-28 1961. Reports and Documents Vol II 1008-1014.

R x El autor examina las investigaciones relacionadas con los efectos del crecimiento de los eucaliptos sobre la humedad del suelo, y concluye que existe una gran necesidad de investigación.

Kaplan, J. 1974 The ecology of Eucalyptus camaldulensis Dehn. in Israel. La-Yaaran 24 (1-2) 7-2, 31-30.

W xx Resumen en inglés. El autor encontró, en una investigación sobre las relaciones hídricas de dos procedencias de E. camaldulensis en Israel, que el contenido de humedad en el suelo controlaba la transpiración.

Karschon, R. 1961 Soil Evolution Affected by Eucalypts. Second World Eucalyptus Conference, São Paulo, August 13-28 1961. Reports and Documents Vol. II 897-910.

R x El autor examina las investigaciones sobre la influencia de los eucaliptos en la evolución del suelo, y el efecto de los fertilizantes sobre las especies (2 partes). Da también su opinión sobre la investigación requerida.

Karschon, R. 1970 The effect of irrigation upon growth of Eucalyptus camaldulensis Dehn. FAO, Committee on the Coordination of Mediterranean Forestry Research, fourth session, September 29-30 1970, Ankara, Turkey. 5 pp.

W xx El volumen de madera en pie de una plantación de E. camaldulensis de 5 años de edad, en Ilanot, Israel, fué más que duplicado mediante el riego, durante un período de 4 años. La precipitación anual fué de unos 600 mm y el riego anual fué de unos 525 mm.

Karschon, R. 1971 The effect of coppice cutting on the water balance of Eucalyptus camaldulensis Dehn. Israel Journal of Agricultural Research 21(3) 115-126.

W xx Se midieron la recarga y el agotamiento de humedad del suelo durante 4 años, en un rodal de tallar de E. camaldulensis de 4 años de edad (0-4 años después de la corta), y en un campo raso próximo. Los eucaliptos de 4 años transpiraban tanto como la plantación anterior. La evapotranspiración calculada fué muy baja en el primer año del tallar.

Karschon, R. y D. Heth. 1967 The water balance of a plantation of Eucalyptus camaldulensis Dehn. Contributions on Eucalyptus in Israel III, Ilanot and Kiriat Hayim, Israel, 7-34, and La-Yaaran 17 (1).

W xxx Se midieron el flujo de tallo, la precipitación a través, la precipitación total y la recarga de humedad del suelo, en un rodal de E. camaldulensis de 9-12 años de edad, y en un campo raso próximo, en la Llanura Costera Central de Israel. Resultó evidente el mayor uso de agua por la plantación, comparado con el terreno despoblado (debido a la evapotranspiración), pero no se hizo ninguna comparación con otras especies forestales.

Khan, M.A.R. 1980 A comparative account of the avifauna of the sholas and the neighbouring plantations in the Nilgiris. Paper in Symposium on Ecology and Conservation of Birds and Mammals in India. Journal of the Bombay Natural History Society 75 1028-1035.

E xx Resumen. Se comparó la avifauna de un bosque de shola (bosque perennifolio submontano) y de plantaciones vecinas de Eucalyptus y Acacia, en los Nilgiris, India. Se encontró una mayor pobreza relativa en las plantaciones, que en el bosque de shola.

Krishnamurthy, B.V. 1984 Ecological destruction through Government's policies. Workshop on Eucalyptus Plantation, June 29 1984, Bangalore, India. Papers and Proceedings 9-16.

M x Sin citar algún informe científico o alguna otra publicación, el autor declara que la plantación de eucaliptos "destruye permanentemente el terreno". Karnataka, India.

Krishnamurthy, R. y V. Clement. 1984 Response of Eucalyptus "hybrid" (Mysore gum) to major nutrient elements. Abstract of Paper for National Seminar on Eucalyptus, January 30-31 1984, Kerala, India.

N x En un experimento de fertilización con E. híbrido, al sur de la India, la mortalidad durante una sequía excepcional de Marzo a Junio de 1983, fué del 11.25% en las plantaciones fertilizadas, mientras que fué del 80% en las plantaciones adyacentes sin abonar.

Kushalappa, K.A. 1984 Nutrient status in Eucalyptus "hybrid" monoculture. Abstract of Paper for National Seminar on Eucalyptus, January 30-31 1984, Kerala, India.

N xx Resumen. Se midió el contenido de nutrimentos en el suelo, un año antes y 5 años después de plantar E. híbrido en Karnataka, al sur de la India. No es posible evaluar, a partir del resumen, la conclusión que los monocultivos de Eucalyptus no son perjudiciales para los suelos en zonas secas. El estudio parece haber sido bien planificado.

de la Lama, G.G. Atlas del eucalipto. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias e Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza Vol. 5 (apéndice) Madrid 82 pp.

Lamb, D. 1973 A suspected phosphorus and potassium deficiency in the tropical eucalypt E. deglupta. Paper for FAO/IUFRO International Symposium on Forest Fertilization, December 3-7 1973, Paris.

N x Las conclusiones de una prueba de fertilización con E. deglupta en Papua, Nueva Guinea, fueron las siguientes: los síntomas de deficiencia observados no son buenos instrumentos de diagnóstico, porque podría tratarse de deficiencias múltiples.

Lee, R. 1980 Forest Hydrology. Columbia University Press, New York.

W x Un buen texto de carácter general.

- Lepoutre, B. y T. Mandouri. Résultats des essais préliminaires de fumure minérale sur Pinus pinaster et Eucalyptus camaldulensis en Mamora. Annales de la Recherche Forestière au Maroc 16 65-89.
1976
- N x Se presentan los resultados de un ensayo de fertilización en Marruecos.
- Liani, A. Ulteriori indagini sui terreni coltivati ad eucalitti (I: Ricerche chimico fisiche). Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale 2 193-201.
1959
- E xx En un experimento realizado en Sicilia, Italia, se examinaron la materia orgánica, etc., en suelos bajo E. camaldulensis de 27 años de edad (con y sin sotobosque), Pinus pinea, y en un terreno agrícola. El promedio de materia orgánica en el horizonte A fué de 20.33, 10.45, 7.54 y 2.92 kg/m², respectivamente. Antes de la plantación los suelos eran similares.
- Lima, W.P. Interceptação da chuva em povoamentos de eucalipto e de pinheiro. IPEF No. 13 75-90.
1976
- W xxx Se midieron el flujo de tallo y la precipitación a través, durante el verano de 1974-75, en plantaciones de 6 años de edad de E. saligna (15.4 m) y Pinus caribaea var. caribaea (6 m), en Sao Paulo, Brasil. Se calculó la interceptación como un 12.2% y un 6.6% de la precipitación, respectivamente.
- Lima, W.P. Soil Moisture Regime in Tropical Pine Plantations and in "Cerrado" Vegetation in the State of Sao Paulo, Brazil. IPEF No. 23 5-10.
1983
- W x Se midió durante 24 meses, el contenido de humedad del suelo bajo Pinus oocarpa, P. caribaea var. hondurensis, y el campo abierto en el "cerrado" brasileño. La única diferencia estadística encontrada, fué un mayor contenido de humedad en el horizonte superior del suelo descubierto, en comparación con la capa superior del suelo bajo el pino.
- Lima, W.P. y D. Barbin. Efeito de plantações de Eucalyptus e Pinus sobre a qualidade da água da chuva. IPEF No. 11 23-35.
1975
- N xx Se determinaron las propiedades químicas y físicas del agua lluvia en una plantación de E. saligna de 5 años de edad, y de Pinus caribaea var. caribaea, en Sao Paulo, Brasil. La conductividad, el color y la turbidez estaban generalmente más alterados bajo el rodal de eucalipto que bajo el de pino, y más en el flujo de tallo que en la precipitación a través.
- Lima, W.P. y O. Freire. Evapotranspiração em plantações de eucalipto e de pinheiro, e em vegetação herbácea natural. IPEF No. 12 103-107.
1976
- W xx Se calculó la evapotranspiración de rodales de E. saligna, Pinus caribaea, y del terreno despejado (herbáceas), en Sao Paulo, Brasil; resultando ser de 206, 211 y 196 mm, respectivamente. Los autores concluyen que no existe un efecto adverso de la reforestación con eucaliptos o pinos sobre ese sitio.

Lima, W.P. Consumo de água em florestas de eucalipto. Paper for the symposium "Solos-nutrição em Florestas de Eucalipto", October 1-2 1983, Piracicaba, Brazil. 15 pp.

W xxx Se trata de un análisis minucioso de las relaciones hídricas y del consumo del agua de una serie de especies de eucalipto, en el bosque natural de Australia.

Lima, W.P. Hidrología de florestas implantadas. Paper for XI Seminario sobre Actualidades e Perspectivas Florestais: A Influencia das Florestas no manejo de Bacias Hidrográficas, February 7-8 1984, Curitiba, Brazil, 11 pp.

W xx El autor analiza la hidrología de las plantaciones, y atribuye en gran parte la aparente variación en el consumo, a las diferencias en la interceptación. Menciona el Eucalyptus, el Pseudotsuga y el Pinus. También el Gaultheria y el Pteridium.

Lima, W.P. y O'Loughlin, E.M. The hidrology of eucalypt forests in Australia - a (in press) review. Submitted for publication in IPEF (Piracicaba, Brazil).

W xxx Es un análisis completo y valioso.

Loumeto, J.J. Note succincte sur l'exportation minérale dans un peuplement 1983 d'Eucalyptus âgés de 7 ans 2 mois. C.T.F.T. (Centre Technique Forestier Tropical), Centre du Congo. 11 pp.

N x Se midió el contenido de nutrimentos en las distintas partes de dos árboles de E. híbrido, creciendo sobre un suelo arenoso del Congo. El ejemplo es demasiado pequeño para generalizar su resultado.

Lozano, J.M. y F. Velasco. Evolución del humus y de la microflora telúrica por la 1981 implantación de Eucalyptus camaldulensis Dehn. en bosques autóctonos de Extremadura. Anales de Edafología y Agrobiología 40 (5/6) 711-720.

N xx Resumen. Se comparó el suelo de un rodal de E. camaldulensis con otro rodal mezclado de Quercus spp, en España. El suelo bajo los eucaliptos era más ácido, tenía un menor contenido de cationes intercambiables, etc. Se estaba también convirtiendo el humus tipo mull en mor, lo que no sucedía en el rodal mezclado de Quercus.

Lubrano, L. Researches on the nutrient-demand of some species of Eucalyptus. FAO 1967 World Symposium on Man-Made Forests and their Industrial Importance, April 14-25 1967, Canberra. Voluntary Paper 1801-1826.

N x Se midió el contenido de nutrimentos en distintas partes del E. globulus, E. viminalis y E. ovata, en Italia. Se presentó también el retorno de nutrimentos procedentes de los árboles a través de los residuos. Los principales resultados fueron: el contenido de K es mayor en el E. globulus y en el E. viminalis que en el E. ovata. Para las dos primeras especies, aproximadamente el 60% de N, P, K y Ca se almacena en la biomasa aérea que sale al hacer la corta.

Maclaren, P. Chemical welfare in the forest. A review of Allelopathy with regard to
1983 New Zealand. New Zealand Journal of Forestry 28 (1) 73-92.

E xxx El autor presenta 5 artículos que tratan de los efectos alelopáticos sobre las gramíneas del E. camaldulensis, E. pilularis, E. microtheca y E. globulus. No se dan valores.

Madgewick, H.A.I.; Beets, P. y S. Gallagher. Dry matter accumulation, nutrient and
1981 energy content of the above ground portion of 4 year-old stands of Eucalyptus nitens and E. fastigiata. New Zealand Journal of Forestry Science 11 (1) 53-59.

N xxx Se calculó la cantidad de nutrimentos removidos por unidad de energía de madera aprovechada, en un rodal de 4 años de edad de E. fastigiata y E. nitens y en otro de 17 años de edad de Pinus radiata, en North Island, Nueva Zelandia. Se estimó que el gasto de nitrógeno fue aproximadamente 4 veces superior para el E. fastigiata que para el pino, mientras que fue casi el mismo en el caso del fósforo.

Mathew, C.; Hameed, A. y R.S. Aiyer. Effect on Eucalyptus monoculture on the physico-
1984 chemical properties and erodibility of some forest soils. Abstract of Paper for National Seminar on Eucalyptus, January 30-31, 1984, Kerala, India.

E x Resumen. Se examinaron las características químicas y físicas del suelo bajo plantaciones de Eucalyptus de 15, 10 y 5 años de edad y de un bosque natural adyacente. Se midió también la razón de erosión. En el resumen no se dieron valores.

Mathur, H.N.; Babu, R.; Joshie, P. y B. Singh. Effect of clearfelling and reforestation on runoff and peak rates in small watersheds. Indian Forester 102
1976 (4) 219-226.

W xxx Durante 5 años se compararon los caudales de una cuenca del norte de la India con arbustos nativos y de otra plantada con una mezcla de E. grandis y E. camaldulensis. Las cuencas se calibraron previamente durante 8 años. La cuenca aforestada mostró una reducción del 28% en su escorrentía y de un 73% en sus caudales máximos.

Mathur, H.N.; Jain N. y S.S. Sajwan. Ground cover and undergrowth in Eucalyptus,
1980 brushwood and sal forest - and ecological assessment. Van Vigyan 18 (3/4) 56-61.

E x Se describen las características del sotobosque de un rodal natural de Shorea robusta, de un matorral secundario y de una plantación mezclada de E. grandis y E. camaldulensis, en una zona húmeda del norte de la India. No se pueden deducir conclusiones seguras porque dos de los sitios estaban desprotegidos del pastoreo.

Mathur, H.N. y S.F.H. Raj. Groundwater regime under blue-gum at Osamund Nilgiris 1980 -initial observations. Indian Forester 106 (8) 547-554.

W x Los autores midieron el nivel de la capa freática en 5 pozos, en una cuenca de los Nilgiris, India. No se puede obtener ninguna conclusión del resultado, excepto la relacionada con la variación de los niveles.

Mathur, H.N.; Raj, S.F.H. y S. Naithani. Ground water quality (pH) under different 1984 vegetative covers at Osamund (Nilgiris Hills). Indian Forester 110 (2) 110-116.

W xx Se midió el pH del agua subterránea, cada 2 semanas durante 2 años, en una plantación de E. globulus de 14 años de edad, en un bosque de shola (bosque perennifolio submontano), y en un pastizal. No se encontraron diferencias significativas bajo las distintas coberturas vegetales. El pH fluctuó a lo largo del año: aproximadamente un pH 5.6 para la estación lluviosa y un pH 6.5 durante la estación seca.

Mathur, H.N. y P. Soni. Comparative account on undergrowth under Eucalyptus and 1983 Sal in three different localities of Doon Valley. Indian Forester 109 (12) 882-890.

E x En un inventario se comparó por parejas el sotobosque de 6 rodales (Shorea robusta y E. híbrido). No pueden obtenerse conclusiones firmes por que las estaciones estaban desprotegidas, tanto del pastoreo como de la recolección de leña. Norte de la India.

Mathur, N.K. y A.K. Sharma. Eucalyptus in reclamation of saline and alkaline soils 1984 in India. Indian Forester 110 (1) 9-15.

M x Los autores discuten favorablemente el empleo de Eucalyptus para la India, en sitios de alta alcalinidad o salinidad, ya que algunas de sus especies tienen procedencias resistentes a la sal. Se enumeran algunas especies.

Mathur, R.S.; Sharma, K.K. y M.Y. Ansari. Economics of Eucalyptus plantations under 1984 Agro-forestry. Indian Forester 110 (2) 171-201.

M x Los autores presentan los resultados económicos de distintas combinaciones de cultivos, incluyendo eucaliptos, en actividades agroforestales de Uttar Pradesh, India.

Mello do A., H. Contribuição ao estudio do consumo de água por Eucalyptus alba 1961 Reinw., Piptadenia rigida Benth. e Astronium urundeuva (Fr. Allem) Engl. Second World Eucalyptus Conference, Sao Paulo, August 13-28 1961. Reports and Documents Vol II 1015-1029.

W xx Se midió en condiciones de laboratorio, durante un año, la tasa de transpiración del E. alba de 8 años de edad, en Sao Paulo, Brasil. La tasa fué máxima durante el verano (estación lluviosa) y mínima durante el invierno (estación seca).

Metro, A. y G. de Beaucorps. 1954 L'influence de peuplement d'Eucalyptus sur l'évolution des sols sablonneux du Rharb. FAO, Sous-Commission de Coordination des Questions Forestières Méditerranéennes, Voyage d'étude des Eucalyptus au Maroc, Octobre 22-30 1954. 11 pp.

N xx Se midió el contenido de elementos nutritivos en la biomasa aérea y en un suelo pobre, bajo rodales de E. camaldulensis y E. gomphocephala, en zonas semiáridas de Marruecos (500 mm de lluvia anual). El K se removi6 en tal magnitud que tuvo que reabastecerse mediante fertilización.

Molina, F.; Bara, S. y P. Ruiz-Zorilla. 1977 El Monte Gallego aspectos relacionados con su fertilidad. Hoja Técnica. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid. 14 pp.

N x Los autores examinaron los resultados de las mediciones del contenido de nutrimentos en la biomasa de E. globulus, E. camaldulensis, E. gomphocephala y en los subsuelos respectivos. Galicia, España. Los autores concluyeron que los eucaliptos no agotan los nutrimentos del suelo.

del Moral, R. y Muller, C.H. 1969 Fog drip: a mechanism of toxin transport from Eucalyptus globulus. Bulletin of the Torrey Botanical Club 96 (4) 467-475.

E xxx Se recogieron las gotas de niebla en un rodal de E. globulus en California y esta agua se aplic6 a distintas especies herbáceas. La inhibición del crecimiento en algunos casos, sólo pudo atribuirse a los efectos alelopáticos.

del Moral, R. y Muller, C.H. 1970 The allelopathic effects of Eucalyptus camaldulensis. American Midland Naturalist 83 254-282.

E xxx La ausencia de plantas anuales cerca a rodales nativos de E. camaldulensis, no pudo explicarse por diferencias en el suelo, el pastoreo, la luminosidad, etc. Los terpenos y las toxinas hidrosolubles extraídos, mostraron toxicidad para la germinación de las semillas de plantas anuales, en los suelos pesados pero no en las arenas. Se aislaron 10 toxinas fen6licas y se identificaron 5.

Morani, V. 1956 Observations effectuées en Italie sur l'évolution du sol produit par les Eucalyptus. FAO, Sous-Commission de Coordination des Questions Forestières Méditerranéennes, Groupe de travail des Eucalyptus, deuxième session, 25 et 26 mai 1956, Nice, France. 4 pp.

R x El autor analiza las publicaciones sobre estudios de suelos en rodales de eucaliptos de la región Mediterránea. No hay conclusiones.

Muller, C.H. 1966 The role of chemical inhibition (allelopathy) in vegetational composition. Bulletin of the Torrey Botanical Club 93 (5) 332-351.

E x El autor sugiere que los metabolitos altamente volátiles procedentes, por ejemplo, de los eucaliptos, los produce la misma planta. Cuando se extraen en grandes cantidades, pueden tener efectos alelopáticos. No presenta cifras ni evidencias.

Mullette, K.J.; Hannon, N.J. y A.G.L. Elliott. Insoluble phosphorus usage by
1974 Eucalyptus. Plant and Soil 41 199-205.

N xx En un experimento bien diseñado, las plántulas de E. gummifera mostraron un notable crecimiento como respuesta a los fosfatos insolubles. El autor sugiere que podrían aplicarse también a otras especies de eucaliptos.

Muthana, K.D. y G.D. Arora. Performance of Eucalyptus camaldulensis on shallow and
1976 deep sandy loam of Pali (W. Rajahstan). Annals of Arid Zone 15 (4) 297-300.

M x Se plantó E. camaldulensis en un suelo superficial (15 cms antes de un "hardpan"), en Rajahstan, India. Después de 10 años los árboles del suelo superficial tenían 5 m de altura y los del suelo profundo 15 metros de altura. La diferencia de crecimiento en altura ya era evidente en el primer año después de la plantación.

Nakhdjvani, F. Recherches sur les effets des brise-vent dans la région du Khouzistan.
1972 Revue Forestière Française 24 (3) 203-207.

M x en 1959 se plantaron en Khouzistán, Irán, cortavientos con E. camaldulensis, Tamarix stricta y Acacia arabia. En el documento se presentan los resultados de los experimentos con los cortavientos artificiales.

Neginhal, S.G. Ecological impact of afforestation at the Ranibennur Blackbuck San
1980 tuary. Journal of the Bombay National History Society 75 (suppl.) 1254-1258.

E xx La aforestación progresiva con E. tereticornis 1958, en Karnataka, India, ha generado la recuperación de poblaciones prácticamente extinguidas del antílope (Antilope cervicapra), de la gran avutarda de la India (Choriotis nigriceps) y del lobo (Canis lupus). Se recomienda dejar algunos terrenos despejados para mantener las poblaciones. No se dan cifras en el resumen.

Neumann, F.G. Beetle communities in Eucalyptus and pine forests in north-eastern
1979 Victoria. Australian Forest Research 9 (4) 277-293.

E x Se estudiaron durante dos años las comunidades de escarabajos en bosques de eucaliptos y en plantaciones de Pinus radiata, en Australia. La diversidad de las comunidades fué bastante superior en el bosque de eucaliptos que en el rodal, más antiguo, de pino.

Nshubemuki, L. y F.G.R. Somi. Water use by Eucalyptus - Observations and probable
1979 exaggerations. Tanzania Silviculture Technical Note (New Series) No. 44. 13 pp.

R x Los autores presentan un análisis imparcial de la utilización de agua por los eucaliptos. Llegan a la conclusión que debe realizarse más investigación sobre la materia, al igual que comparaciones con otras especies.

Nzindukiyimana, A. y I. Sabasajya. Lutte anti-érosive a Gikongoro: le boisement de la colline Mujyejuru. Bulletin Agricole du Rwanda 10 (1) 36-38.

W x Resumen. La aforestación de las colinas de Rwanda para controlar la erosión, involucró la plantación de eucaliptos en altitudes intermedias. Nada se dice en el resumen sobre los resultados.

Osara, N.A. y P. Mikola. O impacto das plantações de eucaliptos no equilíbrio das águas. Paper in booklet (O eucalipto à Ecologia) prepared for the Aracruz Pulp and Paper Co, Brazil. 35-36.

M x Los autores dan respuesta a las críticas relacionadas con la alta demanda de humedad de las plantaciones de eucalipto en Brasil. No se presentan pruebas.

Pacífico H., V. A cultura do eucalipto no melhoramento do solo. Second World Eucalyptus Conference, São Paulo, August 13-28 1961. Vol. Reports and Documents II 911-918.

N x Después de cortar un rodal de E. tereticornis de 37 años de edad, en Araras, Brasil, se obtuvieron excelentes cosechas de café. Se dan los resultados de los análisis de suelos. La conclusión del autor sobre el mejoramiento del suelo hecho por el eucalipto, no puede probablemente deducirse de los datos.

Pan, C.S. Rainfall interception in (1) a Eucalyptus robusta plantation; (2) Cunninghamia lanceolata plantations with different degrees of thinning; (3) Calocedrus (Libocedrus) formosana plantations with different spacings. Taiwan Forestry Research Institute, Bulletin No. 253; 255; 256. 8+12+11 pp.

W x Resumen. Se estimaron las interceptaciones de E. robusta de 14-20 años de edad y de algunas otras especies, plantadas con distintos espaciamientos, durante la estación lluviosa de 1972, en Taiwan. Se encontró una interceptación menor con un espaciamiento de 1.5 x 2 m, que con 1.5 x 1.5 ó 2 x 2 m. No hay cuantificaciones en el resumen.

Pereira, H.C. Land use and water resources. Cambridge University Press, London, 1973 246 pp.

G xx Se trata de un libro completo sobre recursos hídricos y ordenación de cuencas. Contiene muchas referencias.

Piccolo, A.L.G.; da Silva, E.M.P.; Lelis, G.J.; Ramos, M.R. y M.S. Kachan. Plants invading plantations of Eucalyptus robusta. Revista de Agricultura, Piracicaba, Brazil 47 (2) 81-85.

E x Se registraron las especies invasoras en una plantación de E. robusta de 52 años de edad, en Brasil. La especie más abundante se reproducía por medios vegetativos. No hay comparaciones con otras especies arbóreas.

Piccolo, A.L.G.; Vidal, R.; Cattai, I.A.; Lordello, M.H.; Hebling, R.M.D.; Baldoni, 1972, b M. de L. y S.A. Bonini. Plants tolerant of shading by Eucalyptus alba. Revista de Agricultura, Piracicaba, Brazil 47 (2) 87-90.

E x Observaciones más avanzadas comparadas con Piccolo et al (1972, a). Una comparación entre el sotobosque de rodales de E. alba, E. microcorys y E. robusta no dió diferencias significativas.

Pochon, J. y H. de Barjac et Faivre-Amiot. L'influence de plantations d'Eucalyptus 1959 au Maroc sur la microflore et l'humus du sol. Annales de l'Institut Pasteur No. 3 403-406.

N x Los autores sugieren que la rápida mineralización, sin formación de humus, en un rodal de E. camaldulensis de 10 años de edad, se debió a la falta de equilibrio en la microflora del suelo. El texto contiene contradicciones y no se dice nada sobre la metodología del estudio.

Poggiani, F. Ciclo de Nutrientes e Productividade de Floresta Implantada. Silvicultura 1976 1 (3) 45-48.

N x Contiene una discusión general sobre el ciclo de los nutrimentos y la productividad del bosque.

Poggiani, F.; do Couto, H.T.Z.; Corradini, L. y E.C.M. Fazzio. Exportação de biomassa e nutrientes através da exportação dos troncos e das copas de um povoamento de Eucalyptus saligna. IPEF No. 25 37-39.

N xxx Se midió el contenido de nutrimentos en diferentes partes de los árboles (se analizaron 50 árboles) de una plantación de E. saligna de 8 años de edad, en Sao Paulo, Brasil. Se analizó también la capa superior del suelo, de 1 metro de espesor. Alrededor del 30% de los macronutrientes se encontraron en las ramas y en las hojas. El suelo era muy pobre y podrían suponerse deficiencias en P y K, ya que el contenido de estos elementos en la biomasa era el doble que en el suelo.

Poggiani, F.; do Couto, H.T.Z. y W. Suiter Filho. Biomass and Nutrient Estimates 1983, b in Short Rotation Intensively Cultured Plantation of Eucalyptus grandis. IPEF No. 23 37-42.

N xxx Se midió el contenido de nutrimentos en la biomasa de una plantación de E. grandis de 2.5 años de edad, en Minas Gerais, Brasil. Se examinaron 24 árboles. Los análisis del contenido de nutrimentos en 1.2 metros de la capa superior del suelo, comparado con el contenido de la biomasa, demostró que el suelo tenía una gran escasez de P y K.

Poggiani, F.; do Couto, H.T.Z. y W. Suiter Filho. Biomass and Nutrient Estimates 1983, c in Short Rotation Intensively Cultured Plantation of Eucalyptus grandis. Silvicultura 8 (32) 648-651.

N xxx El mismo artículo que en Poggiani y otros (1983, b).

- Poupon, H. Description des appareils aérien et souterrain d'Eucalyptus camaldulensis 1972 Dehn. introduit en Tunisie du nord. Cahier ORSTOM, série Biologie No. 17, 47-59.
- G x Se describen las partes aéreas y subterráneas de una comunidad de E. camaldulensis en Zerniza, Túnez. Se formó una raíz principal de 2.20 m, con un diámetro de 55 cm a 0.8 m de profundidad. La mayoría de las raíces menores de 1 cm de diámetro, se encontraban en la capa superior hasta 25 cm del suelo.
- Prasad, U. Trial of Eucalyptus hybrids FRI-4 and FRI-5 on different doses of manure. 1984 manure. Abstract of Paper for National Seminar on Eucalyptus, January 30-31 1984, Kerala, India.
- N Resumen. Se realizó un ensayo de fertilización con dos procedencias de E. híbrido, en el estado de Bihar, India. Además de un aumento del crecimiento se produjo una disminución de la mortalidad en las parcelas fertilizadas. No se dan valores en el resumen.
- Puri, D.N.; Vishwanatham, M.K. y S.K. Dhyani. Eucalyptus - a boon for social/agro- 1984 forestry. Workshop on Eucalyptus plantation, June 29 1984, Bangalore, India. Papers and Proceedings 99-105.
- M x Se trata de una contribución parcializada en la discusión sobre los Eucalyptus de la India. A favor de los eucaliptos.
- Raison, R.J. y W.J.B. Crane. Nutritional costs of shortened rotations in plantation 1981 forestry. 17th IUFRO World Congress, 1981, Kyoto. Proceedings Div. I, 63-72.
- N xxx Se comparó la remoción de P por el E. delegatensis y el Pinus radiata para distintos turnos. El acortamiento del turno aumentó para ambas especies, la cantidad de P extraído por unidad de madera aprovechada. Se discutió la relación duramen/albura y la concentración de nutrimentos en los dos tipos de madera. El E. delegatensis, en teoría, fué nutritivamente más eficiente que el pino (utilización de nutrimentos por unidad de madera seca producida), y la eficiencia comparativa aumentó progresivamente con la edad.
- Raison, R.J.; Khanna, P.K. y W.J.B. Crane. Effects on intensified harvesting on 1982 rates of nitrogen and phosphorus removal from Pinus radiata and Eucalyptus forests in Australia and New Zealand. New Zealand Journal of Forestry Science 12 (2) 394-403.
- N xxx Se midió el contenido de nutrimentos en diferentes partes de los árboles de dos plantaciones de E. globulus de 9.5 años de edad, y de dos plantaciones de Pinus radiata de 8 y 29 años de edad. El resultado llevó a la conclusión que el aprovechamiento completo de los árboles, aumenta la salida de nutrimentos en un 100% aproximadamente.

- Raj, F.H.; Rajan, N.C.M. y K. Rajagopal. Some hydrological investigations on Blue gum at Osamund (Nilgiris). Abstract of Paper for National Seminar on Eucalyptus, January 30-31 1984, Kerala, India.
1984
W ? Resumen. Se realizaron investigaciones desde 1977, sobre diversos aspectos del ciclo hidrológico bajo E. globulus, en las Colinas Nilgiris, India. En el resumen no se dan resultados.
- Rajamannar, A.; Ramaswami, P.P. y Krishnamoorthy. Certain soil characteristics of plantation soils of different altitude. Indian Journal of Forestry 1 (3) 185-188.
1978
N x Se dan las características del suelo (pH, carbono orgánico, etc.) para 51 muestras en plantaciones de E. tereticornis y E. globulus, en la India. No se hacen análisis o comparaciones con otros géneros.
- Rajvanshi, A.; Soni, S.; Kukreti, U.D. y M.M. Srivastava. A comparative study of undergrowth of sal forest and eucalyptus plantation at Golatappar-Dehra Dun during rainy season. Indian Journal of Forestry 6 (2) 117-119.
1983
E xx Se compararon los sotobosques de una plantación de Eucalyptus de 13 años de edad y de un bosque natural de "sal" (Shorea robusta), en la zona húmeda del norte de la India, durante la estación lluviosa. El número de especies fué mayor en la plantación que en el bosque de "sal", 65 comparado con 37. Existieron más especies anuales en la primera y más especies perennes en la última. Se tomaron 10 muestras por rodal.
- Rakhmanov, V.V. (The hydrological role of eucalypts). Lesnoe Khozyai'stvo No. 5
1980 24-28 (Ru).
R x Resumen. El artículo analiza la bibliografía Rusa, India y Australia na sobre el uso del agua por los eucaliptos.
- Rambelli, A. Qualche indagine sulla microbiologia dei terreni coltivati ad eucalitto. 1959, a Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale 3 217-234.
1959, b
E x Se comparó la microflora en un suelo con Eucalyptus y en otro con cultivos agrícolas. Se encontró una población microbiana mayor en los eucaliptos. Sin embargo, el suelo del eucalipto se hizo más ácido, en comparación con 4 años antes. El autor concluyó que el cultivo de eucaliptos tiende a causar el deterioro de las condiciones bioquímicas y químicas del suelo de Italia.
- Rambelli, A. Contributo allo studio dei micromiceti nei terreni coltivati ad eucalitto. Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale 3 235-253.
1959, b
E x Se describe en detalle la microflora de hongos en algunos rodales de Eucalyptus, en Italia.

- Rambelli, A. 1960 Research into microfungi in soils planted with Eucalyptus. FAO, Joint Sub-Commission on Mediterranean Forestry Problems, Working Party on Eucalyptus, fourth session, April-May 1960, Lisbon. 5 pp.
- E xx Se identificaron los microhongos de distintos rodales de Eucalyptus fuera de Roma. No había una variación importante en las poblaciones microbianas, pero existía una diferencia perceptible en el tipo de sotobosque.
- Rao, A.L. 1984 Eucalyptus in Andhra Pradesh. Indian Forester 110 (1) 1-8.
- M x El autor describe los antecedentes históricos y las investigaciones sobre eucaliptos en Andhra Pradesh, India. No contiene nada sobre los efectos ecológicos del cultivo de eucaliptos.
- Rao, P.R. 1984 The Eucalyptus controversy. Workshop on Eucalyptus plantation, June 29 1984, Bangalore, India. Papers and Proceedings 1-8.
- M x El autor describe los factores polémicos, tanto ecológica como socialmente, relacionados con el cultivo de eucaliptos en la India.
- Ray, M.P. 1970 Preliminary observations on stem-flow, etc., in Alstonia scholaris and Shorea robusta plantations at Arabari, West Bengal. Indian Forester 96 (7) 482-493.
- W x La interceptación varió entre el 22% y el 36% de la precipitación, en un rodal de Alstonia scholaris de 16 - 17 años de edad y 8 m de altura, en Bengala Occidental, India. En un rodal de Shorea robusta de la misma edad y altura, la interceptación varió del 17% al 35%.
- Ray, R.M. 1984 Eucalyptus - a perspective. Indian Forester 110 (1) 86-89.
- M x El autor señala las ventajas y desventajas de la plantación extensiva de eucaliptos en la India. No presenta cuantificaciones.
- Rocha Filho, J.V. de C.; Haag, H.P.; de Oliveira, G.D. y R.A. Pitelli. 1978 Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de Eucalyptus e Pinus. I. Distribuição no solo e na manta. Anais da Escola de Agricultura "Luiz de Queiroz" 35 113-123.
- N xx Resumen. Se midieron los cambios en el contenido de nutrimentos de suelos bajo E. citriodora y Pinus taeda, en Brasil. El carbono orgánico aumentó bajo ambas especies. El eucalipto aumentó el contenido de K y Mg en el suelo, mientras que el pino aumentó el Al intercambiable en la capa superior del suelo, entre los 10 y los 20 cm.
- Rudrappa, T. 1984 Allelopathic effects of Eucalyptus plantation. Workshop on Eucalyptus plantation, June 29 1984, Bangalore, India. Papers and Proceedings 109-111.
- ER xx El autor cita 5 referencias sobre los efectos alelopáticos de los eucaliptos.

Samraj, P.; Chinnamani, S. y B. Haldorai. Natural versus man-made forest in Nilgiris with special reference to run-off, soil loss and productivity. Indian Forester 103 (7) 460-465.

W xx Fué una continuación del estudio sobre caudales en las Colinas Nilgiris, al Sur de la India, reportado por Chinnamani y otros (1965). Los resultados fueron similares a los del estudio anterior (pequeñas diferencias entre la escorrentía del E. globulus, la Acacia mollissima, el shola (bos que perennifolio submontano), la retama (Cytisus scoparius), y las gramíneas nativas).

Sarlin, P. L'eau et le sol. L'eau en forêt, en savane et dans les reboisements. 1963, a Bois et Forêts des Tropiques No. 89 11-29.

W x El autor analiza la relación entre el agua y el suelo para plantaciones de Eucalyptus en el Congo.

Sarlin, P. Programme spécial FAO d'éducation et de formation en Afrique. FAO, Centre 1963, b de Perfectionnement sur les Techniques de Boisement en Savanne. Soudan, 9 Novembre - 19 Decembre 1963. Pédologie, Exposé No. 3: L'eau du sol.

N xx Se encontró una relación sin buena correlación, entre el contenido de agua en el suelo y el incremento en las plantaciones de eucaliptos de las zonas secas del Congo.

Schoenenberger, A. Les données dendrographiques de la station expérimentale de 1970 Zerniza. Annales de l'Institut National de Recherches Forestières de Tunisie 4 (4). 28 pp.

W x Se midieron durante dos años en Túnez, en ocasiones diariamente, las variaciones en el crecimiento del diámetro de dos E. maideni, dos E. camaldulensis, un Pinus radiata y un P. pinaster. Se encontró que el crecimiento estaba relacionado con la disponibilidad del agua.

Schönau, A.P.G. The effects of fertilizing on the foliar nutrient concentrations 1981 in Eucalyptus grandis. Fertilizer Research 2 73-82.

N x Se obtuvieron muchos cambios significativos en las concentraciones foliares de nutrimentos, como resultado de la fertilización de un rodal de E. grandis en Sudáfrica.

Schönau, A.P.G. Additional effects of fertilizing on several foliar nutrient 1982 concentrations and ratios in Eucalyptus grandis. Fertilizer Research 3 385-397.

N x En un ensayo de fertilización de E. grandis en Sudáfrica, se encontró que tenía gran importancia el suministro equilibrado de P y N, y que el Zn era el micronutriente más importante.

Schönau, A.P.G. Seasonal changes in foliar nutrient content of E. grandis.
1983 Silvicultura 8 (32) 683-685.

N x En un estudio realizado en Sudáfrica, se encontró que el crecimiento en altura de plantaciones de E. grandis de 1-2 años de edad, estuvo íntimamente relacionado con el contenido de nutrimentos en las hojas (excepto para el Fe), y con la lluvia. El autor recomienda realizar mediciones del contenido de nutrimentos en las hojas durante la estación de crecimiento, para la aplicación de fertilizantes.

Schönau, A.P.G. and M.A. Herbert. Relationship between Growth Rate and Foliar Concentrations of Nitrogen, Phosphorus and Potassium for Eucalyptus grandis.
1982 Suid-Afrikaanse Bosboutydskrif Nr. 120 19-23.

N x En un ensayo de fertilización en Sudáfrica, se encontró que el contenido foliar de N, P y K para un buen crecimiento del E. grandis, debe ser de 2.0, 0.17 y 0.70%, respectivamente.

Sharma, S.K.; Prasad, K.G. y G.N. Gupta. Growth of Eucalyptus grandis with fertilizer treatments on a severely truncated soil. Abstract of Paper for National Seminar on Eucalyptus, January 30-31 1984, Kerala, India.

N x Resumen. Se presentan los resultados de un ensayo de fertilización de E. grandis, en el sur de la India. Se describen bien los materiales y la metodología.

Shiva, V y J. Bandyopadhyay. Eucalyptus-a disastrous tree for India. The ecologist
1983 13 No. 5 184-187.

R x Se trata de un estudio y análisis parcializado sobre los efectos ecológicos de la plantación de eucaliptos en la India. En contra de los eucaliptos.

Shiva, V. y J. Bandyopadhyay. Ecological audit of Eucalyptus cultivation.
1984

R x Se trata de un estudio y análisis parcializado sobre los efectos ecológicos de la plantación de eucaliptos en la India.

Shiva, V.; Somasekhara, R.S.T. y J. Bandyopadhyay. The ecology of eucalyptus and farm forestry policy in rainfed areas. Workshop on Eucalyptus plantation, June 29 1984, Bangalore, India. Papers and Proceedings 191-222.

R x Es una revisión parcializada que contiene 35 referencias sobre la utilización del agua y los nutrimentos por los eucaliptos. Los autores llegan a la conclusión que el género es un desastre para la India.

Shyam, S.S. Forest development and Eucalyptus controversy in Karnataka. Workshop on Eucalyptus plantation, June 29 1984, Bangalore, India. Papers and Proceedings
1984 45-72.

M x El autor expone la controversia sobre la plantación de eucaliptos en Karnataka. En las pags. 63-67 se hace un buen análisis del problema.

- Singh, K. y S.P. Banerjee. State of Soil Aggregation Under Plantation Forests and Agriculture in Alluvial Soil of Doon Valley. Van Vigyan 18 (3 & 4) 31-38. 1980
- E x Se estudiaron los macro-agregados en suelos bajo diferentes especies arbóreas, plantadas en la India. El porcentaje de agregados mayor de 2 mm fué máximo en el suelo con Shorea robusta. Seguían a continuación la Tectona grandis, Eucalyptus sp., Acacia catechu y Pinus roxburghii. La agregación fué mucho mejor en los suelos forestales que en los campos agrícolas vecinos. No se describe el método de muestreo.
- Singh, R.P. Net primary productivity and productive structure of Eucalyptus tereticornis Smith plantations grown in Gangetic plain. Indian Forester 108 (4) 261-269. 1982
- N x Se midió la hojarasca acumulada en plantaciones de E. tereticornis de 5, 6, 7, 8 y 9 años de edad, en la Llanura del Ganges, en la India; la producción anual varió desde 2.33 ton/ha a la edad de 5 años, hasta 5.42 ton/ha a la edad de 9 años. El rodal estudiado produjo aproximadamente lo mismo que la Tectona grandis de 40 años de edad, reportada en otro estudio, y cerca de un 50% más que un rodal de Shorea robusta de 40 años de edad, reportada también en otro estudio.
- Singh, R.P. Nutrient cycle in Eucalyptus tereticornis Smith plantations. Indian Forester 110 (1) 76-85. 1984
- N xx Se determinó el contenido de nitrógeno, fósforo y calcio en diferentes partes de los árboles, en plantaciones de E. tereticornis de 5, 6, 7, 8 y 9 años de edad, en la Llanura del Ganges, en la India. No se encontraron diferencias significativas en la concentración de ningún elemento, para las diferentes edades.
- Singhal, R.M. Effect of growing Eucalyptus on the status of soil organic matter on Dehra Dun forests. Abstract of Paper for National Seminar on Eucalyptus, January 30-31 1984, Kerala, India. 1984
- E x Resumen. Igual que Singhal y otros (1975).
- Singhal, R.M.; Banerjee, S.P. y T.C. Pathak. Effect of Eucalyptus monoculture on the status of soil organic matter in natural sal (Shorea robusta) zone in Doon Valley. Indian Forester 101 (12) 730-737. 1975
- E xx Se midió a distintas profundidades, la materia orgánica de una plantación de eucaliptos y de otra de "sal" (Shorea robusta) a los 5 y 10 años de su establecimiento. Debido a que no se dá el número de muestras tomadas, no es posible evaluar las conclusiones (circulación de nutrimentos más rápido y fácil con los eucaliptos que con el "sal", y por consiguiente, un mayor riesgo de pérdida de materia orgánica bajo el "sal").

- Smith, M.K. Throughfall Stemflow and Interception in Pine and Eucalypt Forest. Australian Forestry 36 (3) 190-197.
1974
- W xx En un estudio limitado (pocas muestras), se calculó la interceptación como un 18.7% de la precipitación, en un rodal adulto de Pinus radiata de 35 años de edad; y un 10.6% en un bosque nativo maduro de eucaliptos. Nueva Gales del Sur, Australia.
- Soulères, G. Eléments concernant la sylviculture des boisements d'Eucalyptus (Maroc).
1961 Second World Eucalyptus Conference, São Paulo, August 13-28 1961. Reports and Documents Vol. I 715-736.
- W x Citado por Karschon (1970). No fué revisado.
- Stein, A.H. Nota sobre los resultados obtenidos en otros Países en las experiencias
1952 acerca de la influencia del Eucalyptus sobre la cubierta forestal de las hoyas hidrográficas y sobre el mejoramiento del suelo con su aplicación a la misma materia en Chile. Documento de la "Misión Forestal de la FAO", No. 9. Santiago de Chile.
- W x El autor analiza la investigación realizada sobre eucaliptos en elevadas altitudes con altas precipitaciones. Las experiencias de Chile indican que si se emplean los eucaliptos (en este caso el E. globulus) para evitar la erosión, deben plantarse con amplio espaciamiento (aproximadamente 200 árboles/ha), o irrigarse para estimular el sotobosque.
- Steyn, D.J. Occupation and Use of the Eucalyptus Plantations in the Tzaneen Area by
1977 Indigenous Birds. South Africa Forestry Journal No. 100 56-60.
- E xxx Se describe la avifauna de algunas plantaciones de E. grandis de menos de 25 años de edad, en el NE del Transvaal. Las plantaciones no se consideraron estériles ni inadecuadas para las aves, pero algunas especies fueron expulsadas de las plantaciones. No se dan cifras.
- Stibbe, E. Soil moisture depletion in summer by an Eucalyptus grove in a desert area.
1975 Agro-Ecosystems (2) 117-126.
- W ? Se midió la humedad del suelo durante la estación seca, en la zona radicular principal de una arboleda de E. occidentalis, plantada en un área desértica de Israel (precipitación anual 200 mm). Las raíces extrajeron la humedad del suelo, principalmente durante la estación lluviosa.
- Story, R. Pasture patterns and associated soil water in partially cleared woodland.
1967 Australian Journal of Botany 15 175-187.
- E xx Los círculos sin vegetación alrededor de los árboles de Acacia, Casuarina y Eucalyptus, en el oeste de Australia, no fueron ocasionados por la competencia de las raíces de los árboles. Por lo menos no pudieron encontrarse pruebas en este sentido, en el minucioso análisis realizado. Se pensó que pudieron ocurrir por ciertas exudaciones químicas.

Subba Rao, B.K. Impact on Eucalyptus plantations on locality factors. Workshop on 1984 1984 Eucalyptus plantation, June 29 1984, Bangalore, India. Papers and Proceedings 171-190.

R x El autor cita 32 referencias y hace un análisis imparcial de la demanda de los eucaliptos en cuanto a agua y elementos nutritivos. Señala la necesidad de realizar nuevas investigaciones. A favor de los eucaliptos.

Thomas, P.K.; Chandrasekhar, K. y B. Haldorai. An estimate of transpiration by 1972 Eucalyptus globulus from Nilgiris watershed. Indian Forester 98 (2) 168-172.

W x El modelo utilizado para calcular la transpiración del E. globulus en los Nilgiris, India, no fué suficientemente confiable. En consecuencia los resultados y conclusiones carecen de interés.

Tiwari, K.M. Soil and water conservation - need for better management in the country. 1983 Indian Forester 109 (11) 775-780.

M x El autor afirma que la reforestación resuelve parcialmente el problema de las pérdidas innecesarias de agua en la India. Se mencionan diferentes eucaliptos como especies útiles para este fin, en razón a que no son aptos para el pastoreo.

Tiwari, K.H. y R.S. Mathur. Water consumption and nutrient uptake by eucalypts. 1983 Indian Forester 109 (12) 851-860.

R x Los autores resumen parte de la literatura sobre utilización del agua y nutrimentos por los eucaliptos. De las referencias consultadas, los autores concluyen que la fertilidad del suelo se mejora con una plantación de eucaliptos, pero no existe evidencia científica para afirmar que las plantaciones bajen el nivel de la capa freática.

Turner, J. Nitrogen and phosphorus distributions in naturally regenerated Eucalyptus 1980 spp. and planted Douglas-fir. Australian Forest Research 10 (3) 289-294.

N x Resumen. Presenta datos sobre el contenido de nitrógeno y fósforo en las partes aéreas y en el suelo, bajo una regeneración natural de Eucalyptus spp. y en una plantación de Douglas-fir, en Nueva Gales del Sur, Australia.

Turner, J. y J. Kelly. Soil chemical properties under naturally regenerated 1977 Eucalyptus spp. and planted Douglas-fir. Australian Forest Research 7(3) 163-172.

N x Resumen. Se compararon las propiedades químicas del suelo en una plantación de Pseudotsuga menziesii de 50 años de edad y en un bosque regenerado naturalmente de Eucalyptus spp., en Nueva Gales del Sur, Australia. El resultado llevó a los autores a la conclusión de que el P. menziesii, en aquel sitio, no había ejercido ningún efecto perjudicial sobre las propiedades químicas del suelo. No es posible evaluar esta conclusión a partir del resumen.

Turner, J. y M.J. Lambert. Nutrient cycling within a 27 year-old Eucalyptus grandis plantation in New South Wales. Forest Ecology and Management 6 (2) 155-168. 1983

N x Resumen. Se midió la distribución de la materia orgánica y los nutrimentos en una plantación de E. grandis de 27 años de edad, en zonas húmedas de Nueva Gales del Sur, Australia. Se propuso un sistema de manejo con base en los resultados.

Van Lill, W.S.; Kruger, F.J. y D.B. Van Wyk. The effect of afforestation with Eucalyptus grandis Hill ex Maiden and Pinus patula Schlecht. et Cham. on streamflow from experimental catchments at Mokobulaan, Transvaal. Journal of Hydrology 48 107-118. 1980

W xxx Importante estudio de una cuenca del Transvaal, Sudáfrica, comparando el E. grandis, el Pinus patula y el rastrojo natural, después de 12 años de calibración. Después de 3 años, la aforestación con eucaliptos ejerció un efecto sobre el caudal, de 300-380 mm/año. Aún es demasiado prematuro para sacar conclusiones del pino.

Velasco de P., F. y J.M. Lozano C. Cambios sinecológicos de la microflora telúrica asociados a las repoblaciones forestales con especies exóticas. Anales de Edafología y Agrobiología 38 (5/6) 871-879. 1979

E xx Resumen. Se estudiaron las propiedades del suelo en un bosque de Castanea sativa (bosque climax), y en plantaciones de E. globulus y Pinus radiata, en las zonas húmedas del norte de España. Se produjo una acidificación bajo las plantaciones y una disminución de la microflora total. En el resumen no se dan datos sobre la metodología.

Walter, H.; Harnickell, E. y D. Mueller-Dombois. Climate-diagram Maps of the Individual Continents and the Ecological Climatic Regions of the Earth. Supplement to the vegetation Monographs. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, New York. 36 pp (14 figures), 9 maps. 1975

G xx Proporciona una muestra detallada del clima de todo el mundo.

Wise, P.K. y M.G. Pitman. Nutrient removal and replacement associated with short rotation eucalypt plantations. Australian Forestry 44(3) 142-152. 1981

N xxx Se calcula el gasto real del reemplazamiento de los elementos nutritivos extraídos de plantaciones típicas de 10 años de edad, con distintas especies de eucaliptos, en Nueva Gales del Sur, Australia. En un bosque nativo con un régimen de producción de trozas para aserrío, la remoción de nutrimentos por unidad de madera seca, equivale al 6% de la remoción que se hace con una cosecha total de los árboles, en plantaciones de turnos cortos.

Woinarski, J.K.Z. Birds of Eucalyptus plantation and adjacent natural forest.
1979 Australian Forestry 42 (4) 243-247.

E xx Se comparó la abundancia de aves, observadas durante un año, en una plantación de E. botryoides, cerca a Melbourne, Australia; con la de un bosque adyacente de E. dives de varias edades. De las 48 especies observadas, 6 fueron significativamente mas frecuentes en la plantación y 9 fueron significativamente mas comunes en el bosque natural.

Yadav, J.S.P.; Banerjee, S.P.; Badola, K.C. y K. Singh. Changes in soil properties consequent upon growing Eucalyptus in a natural sal (Shorea robusta) area. Indian Journal of Agricultural Chemistry 6 (2) 198-215.

N x Resumen. Un monocultivo de Eucalyptus de cinco años de edad, en zonas húmedas del norte de la India, produjo un movimiento descendente de los materiales más finos, una ligera disminución del pH y del fósforo disponible; decreciendo al mismo tiempo el potasio disponible. No se dan cifras en el resumen.

Zohar, Y. Growth of eucalypt on peat and its effect on soil nitrates. Agricultural Research Organization, Division of Forestry, Israel. Leaflet No. 57.
11 pp.

N xx Se encontró que los nitratos del suelo en una turbera, fueron bastante inferiores dentro de una plantación de eucaliptos que fuera de la plantación. Valle de Hula, Israel. Se propuso al eucalipto para reducir la eutroficación.

Zohar, Y. Plantation of eucalypt on Drained Lake Peat in the Hula Valley. La-Yaaran
1979 29 (3-4) 43-48.

N x Similar a Zohar (1976)