

---

# **LA FORESTACION CON EUCALIPTOS EN URUGUAY:**

**su impacto sobre los recursos  
naturales y el ambiente**

**Daniel L. Martino<sup>1</sup>**

**Zohra Bennadji<sup>2</sup>**

**Alberto Fossati<sup>3</sup>**

**Daniel Pagliano<sup>4</sup>**

**Eduardo van Hoff<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Ing. Agr., M.Sc., INIA La Estanzuela, Colonia y Forestal Idalen, Paysandú. E-mail: martino@inia.org.uy.

<sup>2</sup> Ing. Agr., Ph.D., Programa Nacional Forestal, INIA Tacuarembó.

<sup>3</sup> Ing. Agr., M.Sc., Compañía Forestal Uruguaya S.A. Rivera y Junta Directiva de INIA.

<sup>4</sup> Ing. Agr., M.Sc., Unidad de Biotecnología, INIA Las Brujas, Canelones.

<sup>5</sup> Ing. Agr., Forestal Idalen, Paysandú.

Título: LA FORESTACION CON EUCALIPTOS EN URUGUAY:  
su impacto sobre los recursos naturales y el ambiente

Autores: Daniel L. Martino  
Zohra Bennadji  
Alberto Fossati  
Daniel Pagliano  
Eduardo van Hoff

Serie Técnica N° 88

© 1997, INIA

ISBN: 9974-38-081-2

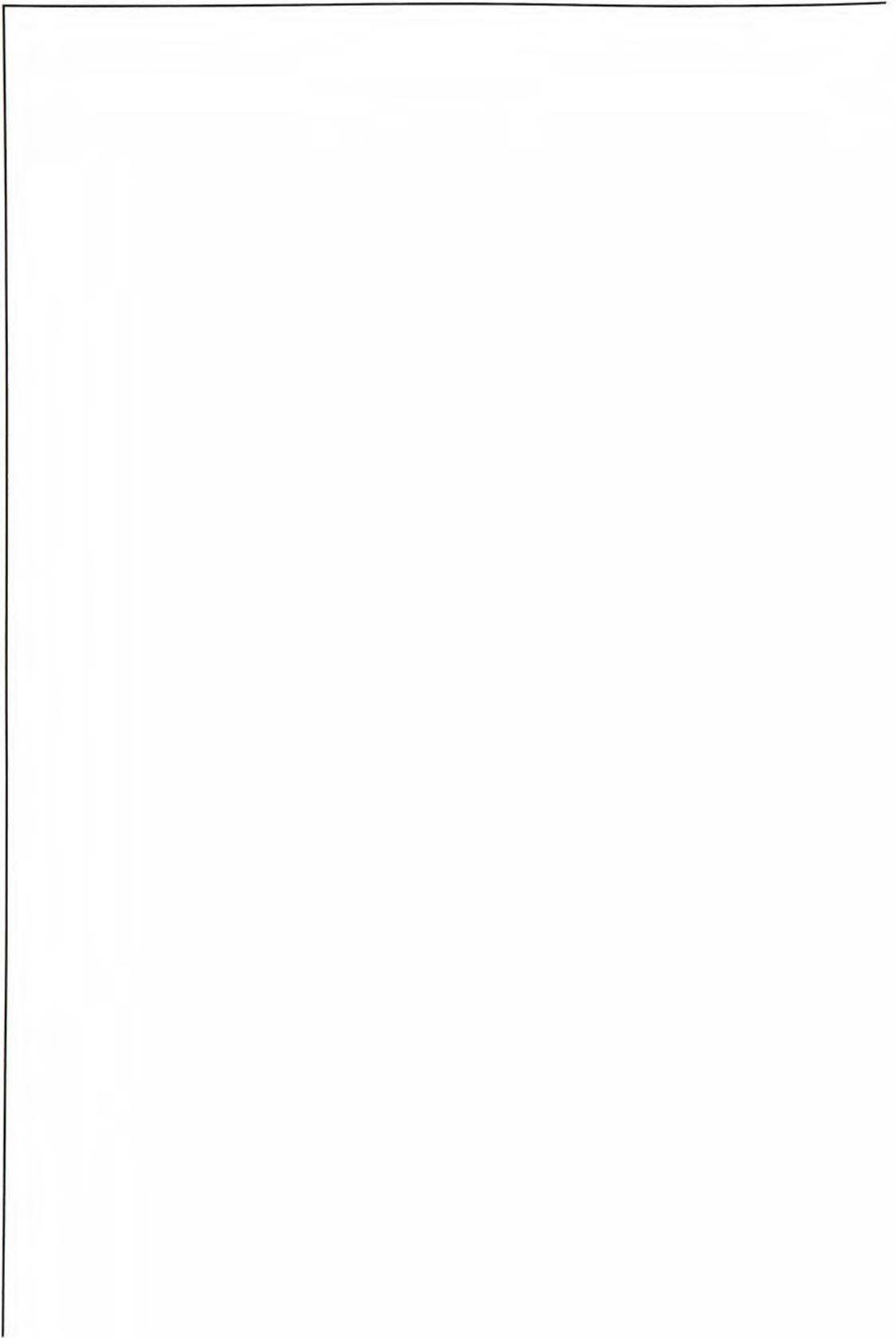
Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA.  
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

# INDICE

## Página

Prólogo	
Introducción .....	1
Una perspectiva global .....	1
El concepto de producción sostenible .....	3
El proceso de Montreal y la declaración de Santiago .....	3
Los eucaliptos y el uso de recursos naturales en Uruguay .....	4
Agua .....	4
1) Precipitación .....	5
2) Evapotranspiración potencial .....	6
3) Evapotranspiración real .....	6
4) Agua en la biomasa .....	7
5) Balance de agua .....	7
6) Síntesis .....	9
Energía .....	9
Suelos .....	10
1) Erosión .....	10
2) Degradación .....	12
Nutrientes .....	13
Los eucaliptos y el impacto ambiental en Uruguay .....	15
Intercambio de Gases entre el Suelo y la Atmósfera .....	15
Contaminación de suelos y aguas .....	17
Biodiversidad .....	18
Conclusiones .....	19
Bibliografía .....	21



## PROLOGO

La sostenibilidad de un sistema de producción se basa en tres elementos fundamentales: a) la productividad de los factores primarios de producción, medida en cantidad y en calidad de los productos; b) la preservación de los recursos naturales afectados directa o indirectamente al sistema de producción; y c) la minimización del impacto ambiental, considerando que toda actividad productiva causa desviaciones de los equilibrios naturales ecológicos.

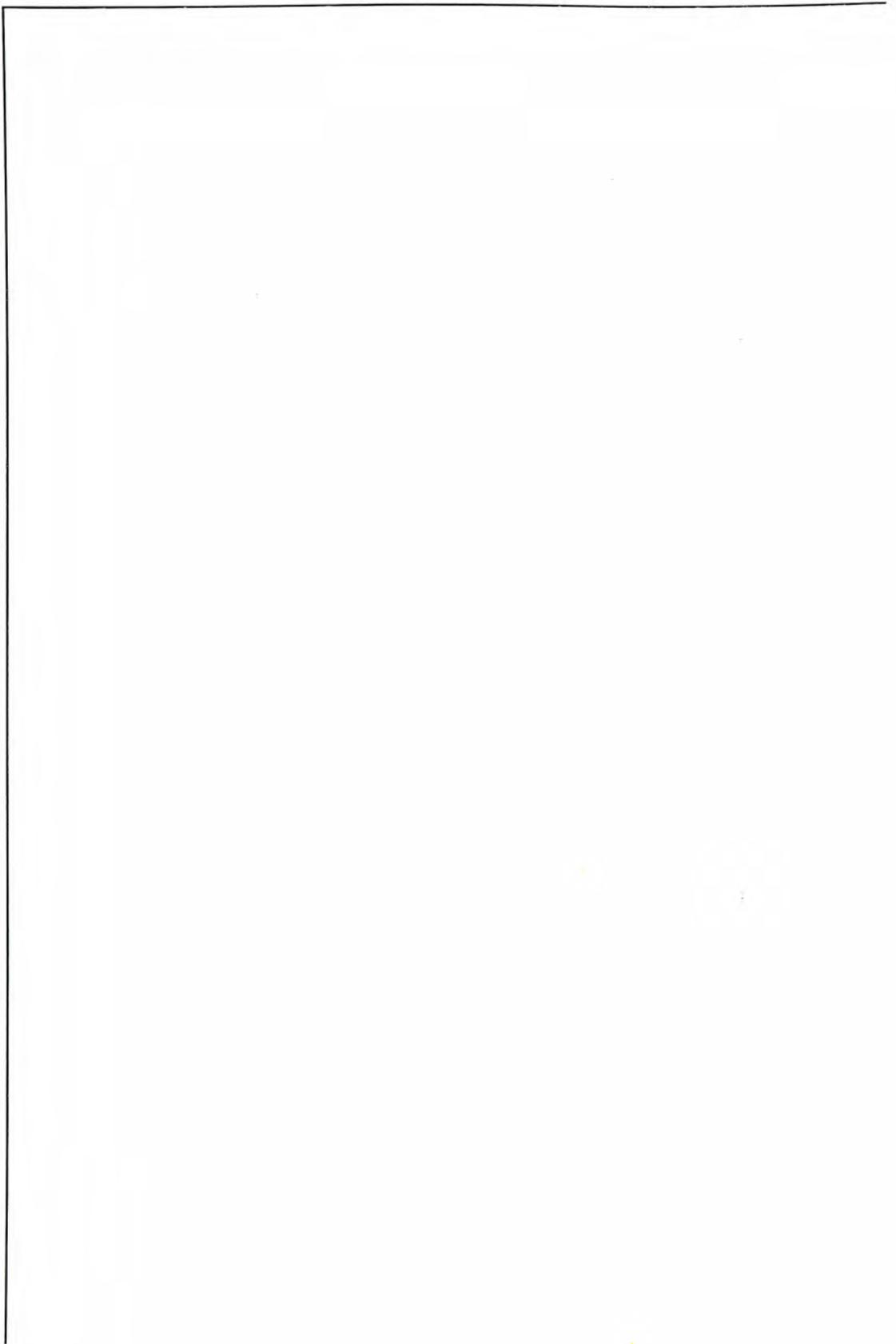
La concientización y el estudio de los procesos de contaminación ambiental, así como la toma de medidas para su disminución son una necesidad por dos motivos principales.

En primer término, el país tiene compromisos éticos y legales para contribuir, en la medida de su tamaño, al mantenimiento de la sanidad ambiental en el mundo.

El segundo motivo es de orden comercial. Los mercados son cada vez más exigentes en cuanto al origen de los productos consumidos, no sólo interesa disponer de alimentos sanos, libres de residuos químicos, sino que también hay una creciente exigencia de que esos productos hayan sido obtenidos sin afectar al ambiente y en casos extremos, sin afectar las condiciones de vida de los animales. La comercialización de productos uruguayos, principalmente en los países desarrollados, estará condicionada en un futuro no muy lejano, a la certificación de sostenibilidad de los sistemas de producción.

Esta publicación tuvo su origen en el grupo de trabajo conformado por los cinco autores que asesoró al INIA en la formulación de su estrategia en materia forestal para los próximos quince años. En el análisis efectuado, el tema de impacto ambiental y preservación de recursos naturales surgió como uno de los de mayor importancia en el escenario del desarrollo forestal del Uruguay, y prioritario en los temas de investigación del INIA.

Con este artículo, INIA pretende dar una respuesta objetiva, desde un punto de vista científico, a las inquietudes que han surgido en los últimos tiempos en algunos sectores de la sociedad y grupos de interés (productores ganaderos extensivos, médicos veterinarios, etc.) sobre el tema de impacto ambiental de los eucaliptos. Los autores también establecen cuales son los temas que merecerán la atención de la investigación nacional en el futuro.



# LA FORESTACION CON EUCALIPTOS EN URUGUAY: su impacto sobre los recursos naturales y el ambiente

## INTRODUCCION

La actividad forestal, a impulsos de una política de Estado, ha cobrado en los últimos años una gran dinámica en el Uruguay. El área de plantaciones industriales alcanza aproximadamente 400.000 hectáreas, principalmente de eucaliptos de las especies *E. grandis*, *E. globulus*, *E. dunnii*, *E. viminalis*, y otros. El ritmo de forestación aumenta cada año, habiendo sido en 1996 del orden de 50.000 ha. Se espera que el subsector, desarrollado sobre solamente 2% de la superficie del país, y en los suelos menos productivos, genere 15% del valor bruto de la producción del sector agropecuario. A ello debe sumarse la expectativa de un importante desarrollo industrial, que puede convertir a la forestación en la principal actividad económica del país.

La cuestión ambiental tiene diversas implicancias en este desarrollo forestal. Por una parte, la forestación con especies de rápido crecimiento con fines de extracción comercial de madera, es una forma eficaz de absorber, mediante el proceso de fotosíntesis, importantes cantidades de carbono desde la atmósfera, atenuando así el llamado «efecto invernadero». Esto permite la conjunción de un beneficio ambiental de interés universal, con una actividad económica potencialmente lucrativa. En contraposición a ello, hay que considerar que además de estos beneficios, también es posible la ocurrencia de efectos ecológicos secundarios, deseables o no, que es necesario conocer. Por último, la sociedad moderna tiene una creciente sensibilidad frente a

la cuestión ambiental, en especial en países que son potencialmente compradores de productos forestales uruguayos. A pesar de ser plantados para fines múltiples en más de ochenta países y en extensiones de varios millones de hectáreas, los eucaliptos en particular han despertado polémicas en torno a sus eventuales efectos sobre el medio ambiente, (Carrere y Lohmann, 1996).

En consecuencia, resulta vital para el éxito del plan forestal la clarificación, basada en elementos objetivos de análisis, del balance beneficio/perjuicio ambiental de la forestación. En este artículo se aportan algunos de dichos elementos. Un tratamiento en profundidad del tema ha sido recientemente realizado por Lima (1996) en San Pablo, Brasil. También constituye una referencia importante el trabajo de Poore y Fries (1987).

## UNA PERSPECTIVA GLOBAL

A lo largo de la historia, el hombre ha recurrido a la tala de bosques nativos para ampliar las fronteras agrícolas. El crecimiento explosivo de la población mundial y del nivel de vida en el siglo XX ha conducido a una aceleración de la deforestación, con importantes consecuencias negativas: alteraciones en el ciclo del agua, carbono, nitrógeno, oxígeno y otros elementos; degradación de suelos por erosión, llegando en muchos casos a la desertificación; disminución de la biodiversidad, con extinción de numerosas especies vegetales y animales; contaminación de la atmósfera y

aguas subterráneas; empobrecimiento de las poblaciones rurales. Algunos estudios han revelado que la Tierra ha perdido ya 20% de sus bosques originales (The World Resources Institute 1990). Mientras que los bosques de zonas templadas han disminuido 35% desde tiempos prehistóricos, los bosques tropicales, actualmente los más sometidos a explotación, han decrecido solamente en 5% de su área.

Por otra parte, desde los comienzos de la Revolución Industrial, se ha producido un constante incremento de la concentración de anhídrido carbónico, metano y otros gases en la atmósfera, como producto de la quema de combustibles fósiles. Estos gases son causantes del llamado «efecto invernadero». Si bien el calentamiento global relacionado con el efecto invernadero aún no ha sido fehacientemente demostrado, muchos científicos predicen un aumento de 1 a 2°C en la

---

*Un incremento de la fijación anual de carbono por fotosíntesis del orden de 8 a 10% sería suficiente para detener el aumento en la concentración de anhídrido carbónico del aire que viene ocurriendo desde hace más de un siglo.*

---

temperatura media de la Tierra en los próximos 50 años, y que ello tendría importantísimas consecuencias sobre la vida. Algunos de esos gases descomponen el ozono de las capas superiores de la atmósfera, aumentando así la intensidad de radiación nociva sobre la superficie terrestre. Otros gases, como el óxido nítrico, también son causantes de la lluvia ácida, que ha quemado extensos bosques en el hemisferio norte, principalmente cerca de áreas industrializadas.

Globalmente, la quema de petróleo libera carbono a la atmósfera a un ritmo dos a tres veces mayor que la deforestación. Estas dos formas de contaminación atmosférica tienen un denominador común: un solo país es claramente identificable como el principal responsable de cada una de ellas. Aproximadamente la mitad del carbono liberado por deforestación proviene de Brasil, y 22% del petróleo mundial es consumido por Estados Unidos (The World Resources Institute 1990). La contribución al efecto invernadero de estos dos países es idéntica. Ambos, sumados, generan 30% del flujo total de anhídrido carbónico a la atmósfera.

La forestación o reforestación son universalmente concebidas como procesos que revierten algunas de las consecuencias negativas de la deforestación, y a la vez, como una forma muy efectiva de captar carbono de la atmósfera mediante el proceso de fotosíntesis, enlenteciendo así el ritmo de aumento de la concentración de anhídrido carbónico en el aire. La quema de petróleo, principal responsable de dicho aumento, representa solamente el 10% del flujo total de carbono de la tierra y los mares al aire. El restante 90% lo constituye principalmente la descomposición de materia orgánica muerta y la respiración animal. Un incremento de la fijación anual de carbono por fotosíntesis del orden de 8 a 10% sería suficiente para detener el aumento en la concentración de anhídrido carbónico del aire que viene ocurriendo desde hace más de un siglo.

Hay hoy en el mundo 4.500 millones de hectáreas de bosques distribuidos en cinco continentes. Las mayores concentraciones se ubican en Rusia (900 millones de hectáreas) y en América del Sur (850 millones de hectáreas). Si se considera que la productividad es aproximadamente el doble en América del Sur que en Rusia, se concluye que nuestro continen-

te es el principal productor de madera del mundo. La deforestación alcanza un ritmo anual de 15-20 millones de hectáreas, mientras que la tasa de reforestación es de sólo 12-15 millones de hectáreas por año. El balance entre deforestación y reforestación varía en las diferentes regiones del mundo.

Mientras que en Asia, Europa y Norte América, el balance es positivo o ligeramente positivo, en América del Sur y África hay una pérdida anual neta del orden de 10-12 millones de hectáreas. La Amazonia, principal masa boscosa del planeta con 340 millones de hectáreas, pierde anualmente 8-10 millones de hectáreas de bosques.

La plantación de árboles en nuevas áreas, como es el caso de la plantación de pinos y eucaliptos en el hemisferio sur, es un fenómeno de baja magnitud relativa, si se la compara con el área de bosques naturales. Sin embargo, dado el proceso de concientización ambiental de las sociedades actuales, y el consiguiente rechazo a las prácticas de deforestación, estos bosques pueden ser importantes proveedores de productos derivados de la madera en el futuro, siempre y cuando cumplan con los requisitos de sostenibilidad establecidos por diversos convenios internacionales (Agenda 21, Proceso de Helsinki, Proceso de Montreal y otros).

## **EL CONCEPTO DE PRODUCCION SOSTENIBLE**

Todo sistema de producción debe, para adquirir su sostenibilidad en el tiempo, reunir tres requisitos. En primer lugar, debe remunerar suficientemente, en términos de cantidad y calidad, los factores primarios de producción, de modo que éstos continúen siendo aplicados al sistema productivo en cuestión. Normalmente este es el elemento principal o exclusivo en la consideración de los diversos agentes económicos cuando se evalúa una determinada actividad. En el caso de la forestación en Uruguay, este requisito parece cumplirse, ya que así lo indica la

magnitud de la inversión en el sector, y los numerosos estudios de rentabilidad de varios modelos de producción forestal.

En segundo término, el consumo de recursos naturales (agua, suelo, nutrientes, energía) debe armonizarse con su abundancia. La dependencia de los recursos no renovables (petróleo, suelo, rocas fosfóricas) debería ser la mínima posible, especialmente mientras no existan sustitutos viables económicamente. Los recursos renovables (agua, nitrógeno, energía solar) pueden ser utilizados en forma abundante, pero siempre a un ritmo igual o menor que el de su velocidad de formación o reciclaje.

Por último, la actividad productiva sostenible tiene que causar el mínimo perjuicio posible al ambiente. Prácticamente toda actividad humana causa distorsiones en el medio, principalmente a través de contaminaciones físicas, químicas y biológicas del aire, tierra y aguas, y disminución de la biodiversidad. Es una obligación ética de la actual población de la Tierra, y una necesidad científicamente demostrada, intentar mantener y mejorar el ambiente en el que van a vivir futuras generaciones.

En el caso particular de la forestación, el concepto de manejo forestal sostenible incluye un cuarto elemento relacionado con los usos no económicos de los bosques. Todo sistema de manejo con fines productivos debe preservar las funciones recreativas, paisajísticas y culturales de los bosques. Este concepto es más aplicable al caso de bosques naturales que a plantaciones.

## **EL PROCESO DE MONTREAL Y LA DECLARACION DE SANTIAGO**

Uruguay es uno de los doce países miembros del grupo de trabajo conocido como Proceso de Montreal, iniciado en 1993 con el cometido de acordar compromisos en materia de manejo forestal sostenible (MGAP 1997). En conjunto, estos

doce países reúnen prácticamente la totalidad de los bosques templados y boreales del mundo.

En el marco de este proceso se produjo, en 1995, la Declaración de Santiago, que reconoció que el manejo sostenible de los bosques es un paso importante hacia la implementación de la enunciación de los principios forestales establecido en la Agenda 21 en la Conferencia sobre Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas realizada en Río de Janeiro en 1992. Esta declaración también remarcó el valor de poseer una definición internacionalmente aceptada de manejo sostenible de los bosques boreales y templados a través de criterios e indicadores.

La Declaración de Santiago definió siete criterios para evaluar el manejo forestal sostenible:

6) Mantenimiento y mejora de los múltiples beneficios socio-económicos de largo plazo para satisfacer las necesidades de las sociedades.

7) Marco legal, institucional y económico para la conservación y manejo sostenible de los bosques.

Cada uno de estos criterios deberá ser evaluado por medio de indicadores cuantitativos y cualitativos, y sus tendencias en el tiempo. Estos indicadores deberán ser desarrollados por cada país atendiendo a sus condiciones particulares de tipos de bosques, información disponible, recursos para obtener la información, etc. Sin embargo, se estableció la voluntad de armonizar en la mayor medida posible los enfoques de los países, para lo cual se definieron numerosos indicadores dentro de cada criterio.

Es importante resaltar que la descripción de criterios e indicadores en el marco del Proceso de Montreal está restringida a la escala nacional, no a nivel de bosques individuales, y que la misma constituirá el marco de referencia para la definición de políticas nacionales, para las negociaciones comerciales, y para la cooperación internacional en materia de manejo sostenible de bosques.

---

*Uruguay es uno de los doce países miembros del grupo de trabajo conocido como Proceso de Montreal, iniciado en 1993 con el cometido de acordar compromisos en materia de manejo forestal sostenible*

---

- 1) Conservación de la diversidad biológica.
- 2) Mantenimiento de la capacidad productiva de los ecosistemas forestales.
- 3) Mantenimiento de la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales.
- 4) Conservación y mantenimiento de los recursos suelo y agua y de la función protectora y productiva de los bosques.
- 5) Mantenimiento de la contribución de los bosques a los ciclos globales del carbono.

## **LOS EUCALIPTOS Y EL USO DE RECURSOS NATURALES EN URUGUAY**

### **Agua**

Los diferentes procesos del ciclo del agua pueden ser afectados por el tipo de vegetación. El pasaje de una vegetación de praderas a una de bosques por ejemplo, afecta la infiltración en el suelo, la cantidad de agua retenida en el follaje, el escurrimiento superficial, la evaporación desde el suelo, la transpiración por las plantas y la cantidad de agua retenida en

tejidos vegetales. La resultante de todos estos cambios puede significar o no un agotamiento del recurso.

La plantación de eucaliptos en algunas regiones (España, India, Tailandia) ha ocasionado algunos problemas de desecamiento de suelos y disminución o desaparición de las reservas de agua. Por otra parte, en muchas otras zonas (Australia, Sudáfrica, Brasil) hay grandes superficies de bosques de eucaliptos sin que la abundancia de agua se vea aparentemente afectada. En el caso de Uruguay, si bien no hay estudios específicos sobre el tema, es posible realizar una serie de consideraciones que conduzcan al menos a la formulación de hipótesis que deberán ser comprobadas científicamente. A continuación se describe sintéticamente algunos procesos del ciclo del agua y la posible influencia de la forestación.

### 1) Precipitación

La precipitación anual en el país oscila entre 1.000 L/m<sup>2</sup> en el sureste y 1.300 L/m<sup>2</sup> en el norte. La distribución de la misma a lo largo del año es bastante homogénea, con los máximos registros en marzo y abril (120-130 L/m<sup>2</sup>), y los mínimos en los meses de invierno (70-80 L/m<sup>2</sup>) (MGAP 1971). Es impensable que el proceso de forestación pueda alterar de alguna forma la cantidad y distribución de las lluvias, por lo que las mismas pueden considerarse constantes dentro del margen esperable de fluctuación anual.

En vegetación de praderas o cultivos anuales, en suelos de texturas medias a pesadas, con pendientes de 3 a 5%, la precipitación efectiva (agua que efectivamente infiltra dentro del suelo) es en promedio 2/3 de la precipitación total (estimaciones de INIA La Estanzuela, Ricardo Romero, com. pers.). El escurrimiento superficial, que corresponde al tercio restante, se asocia principalmente con las lluvias intensas de fines de verano y en menor medida, con suelos saturados en invierno.

---

*Es impensable que el proceso de forestación pueda alterar de alguna forma la cantidad y distribución de las lluvias*

---

Donde hay vegetación de árboles, la energía cinética de las gotas de lluvia es parcialmente absorbida por el follaje, lo cual resultaría en una menor tasa de escurrimiento superficial en esos meses de fines de verano (la proporción precipitación efectiva/precipitación real tendería a ser mayor que 2/3). El hecho que la forestación en Uruguay se desarrolla predominantemente sobre suelos arenosos, que normalmente presentan capacidades de infiltración de agua mayores que los sue-



Los árboles absorben la energía cinética de la lluvia y favorecen la infiltración de agua en el suelo.

los más pesados, también contribuiría a incrementar dicho cociente.

Sin embargo, una proporción del agua de lluvia es retenida en la superficie de las hojas, y se evapora sin haber llegado al suelo. De acuerdo con Lima (1996), esta proporción oscila entre 10 y 20% de la precipitación. Ello tendería a disminuir el índice precipitación efectiva/precipitación real por debajo de 2/3. Por otra parte, dicho proceso de evaporación conduciría a un enfriamiento de la superficie de las hojas, y por consiguiente a una menor tasa de transpiración. Es necesario cuantificar el peso relativo de estos procesos contrapuestos (mayor tasa de infiltración y mayor retención de agua en el follaje) para determinar si la sustitución de vegetación de pradera por árboles resulta en mayor o menor cantidad de agua que entra al suelo.

## 2) Evapotranspiración potencial

La demanda atmosférica de agua está definida por el déficit de presión de vapor de la atmósfera. Expresado en términos comunes, toda vez que la humedad relativa ambiente se encuentre por debajo de 100%, hay movimiento de agua desde el suelo hacia el aire, bajo el supuesto que el suelo contiene humedad. Para cada localidad, la cantidad de agua que demanda la atmósfera por año es una constante, sujeta por supuesto a variaciones aleatorias.

La variable comúnmente utilizada como medida de la demanda atmosférica es la evapotranspiración potencial (ETP), que se define como la máxima cantidad de

agua que puede pasar del suelo a la atmósfera en un período determinado, tanto en forma directa (evaporación) como a través de las plantas (transpiración). La ETP equivale a la evaporación desde una superficie de agua libre (por ejemplo, un lago), y en Uruguay es del orden de 1.200 a 1.300 L/m<sup>2</sup> por año, con un máximo de cerca de 180 L/m<sup>2</sup>/mes en verano, y un mínimo de 40 L/m<sup>2</sup>/mes en invierno. Estos parámetros también deben considerarse como constantes con relación al cambio de vegetación que implica la forestación.

## 3) Evapotranspiración real

En la práctica, las cantidades de agua que realmente pasan del suelo al aire, lo que se llama evapotranspiración real (ETR), son casi siempre menores a la ETP, debido a que son muy escasas las situaciones en que hay disponibilidad de agua libre en el suelo. Las plantas no son más que vehículos a través de los cuales la atmósfera extrae agua desde el suelo. Algunas plantas ofrecen más resistencia que otras a ese pasaje de agua; por otra parte, algunas plantas llegan con sus raíces hasta una profundidad mayor en el suelo que otras, por lo que permiten que la atmósfera extraiga agua desde un mayor volumen de suelo.

En la figura 1 se aprecia que, en el caso de praderas y cultivos anuales en Uruguay, la ETR se acerca a la ETP en los meses de invierno, y es apenas la mitad en verano. En el período de un año, el suelo le da a la atmósfera aproximadamente 70% del agua que ésta demanda. Es importante destacar que es imposible que las plantas extraigan del suelo más agua que la que puede evaporarse desde una superficie de agua libre, que en el caso de Uruguay, como se mencionó arriba, es del orden de 1.200 L/m<sup>2</sup> en un año.

Es posible hipotetizar que, para eucaliptos, la relación ETR/ETP sería mayor que para praderas. La razón principal de ello sería su capacidad de desarrollar raíces profundas, que permitiría una mayor

---

*es imposible que las plantas extraigan del suelo más agua que la que puede evaporarse desde una superficie de agua libre, que en el caso de Uruguay, como se mencionó arriba, es del orden de 1.200 L/m<sup>2</sup>*

---

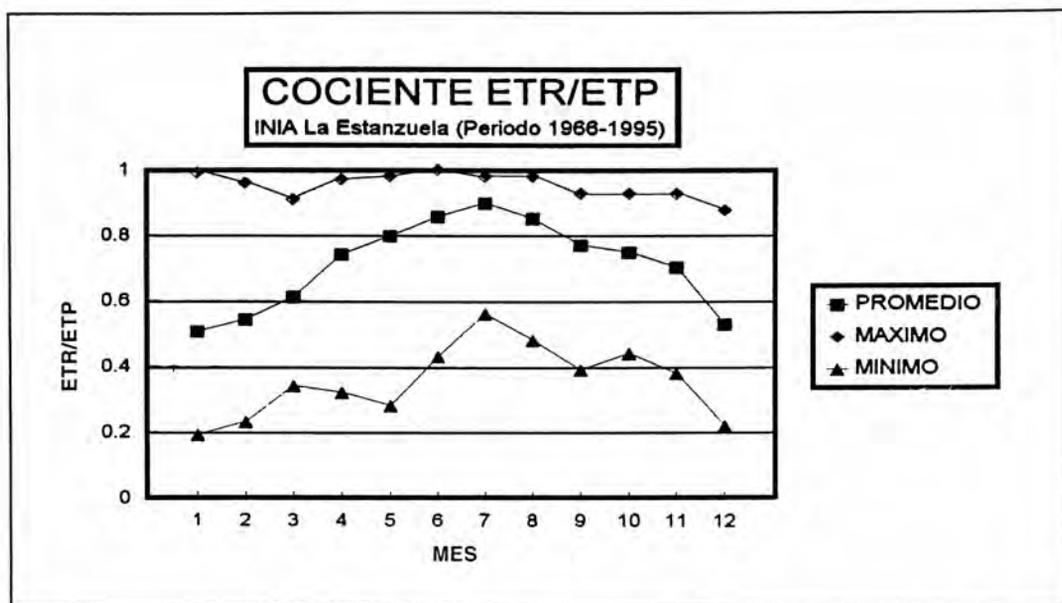


Figura 1. Cociente evapotranspiración real/potencial en la estación agrometeorológica de INIA La Estanzuela.

absorción de agua en la época de mayor deficiencia hídrica. Una segunda razón es que la gran biomasa aérea de los eucaliptos favorecería una mayor difusión turbulenta del vapor de agua, por lo que la resistencia al flujo de agua desde el suelo hacia la atmósfera sería menor que en una vegetación de bajo porte.

**4) Agua en la biomasa**

Otro factor que puede diferenciar una vegetación de praderas de una de árboles en cuanto al ciclo del agua, es la cantidad utilizada para crecimiento de la biomasa, que es obviamente mayor en el caso de los árboles. Sin embargo, esta diferencia es despreciable si se la compara con el volumen total de agua que circu-

la, que es cientos de veces mayor que el que se almacena en tejidos vegetales. Por ejemplo, un bosque que produce 100.000 kg/ha/año de materia verde podría retener en sus plantas en el orden de 70.000 L/ha de agua, ó 7 L/m<sup>2</sup>. Una pradera retiene una cantidad inferior a ésta, pero la diferencia es muy pequeña si se la compara con la ETR anual de 900 L/m<sup>2</sup>. En consecuencia, la necesidad de agua de un bosque en cierto sitio es prácticamente igual a la de una pradera en la misma localidad.

**5) Balance de agua**

En la figura 2 se representa esquemáticamente la magnitud de los principales procesos del ciclo del agua en dos situaciones. En el caso de la vegetación de pradera los parámetros surgen de la información experimental realizada en el país, mientras que los valores para el bosque, son hipotéticos. Al introducir eucaliptos en un sitio bajo pastura natural, es de esperar una mayor infiltración de agua en el suelo, y un incremento

*la necesidad de agua de un bosque en cierto sitio es prácticamente igual a la de una pradera en la misma localidad.*

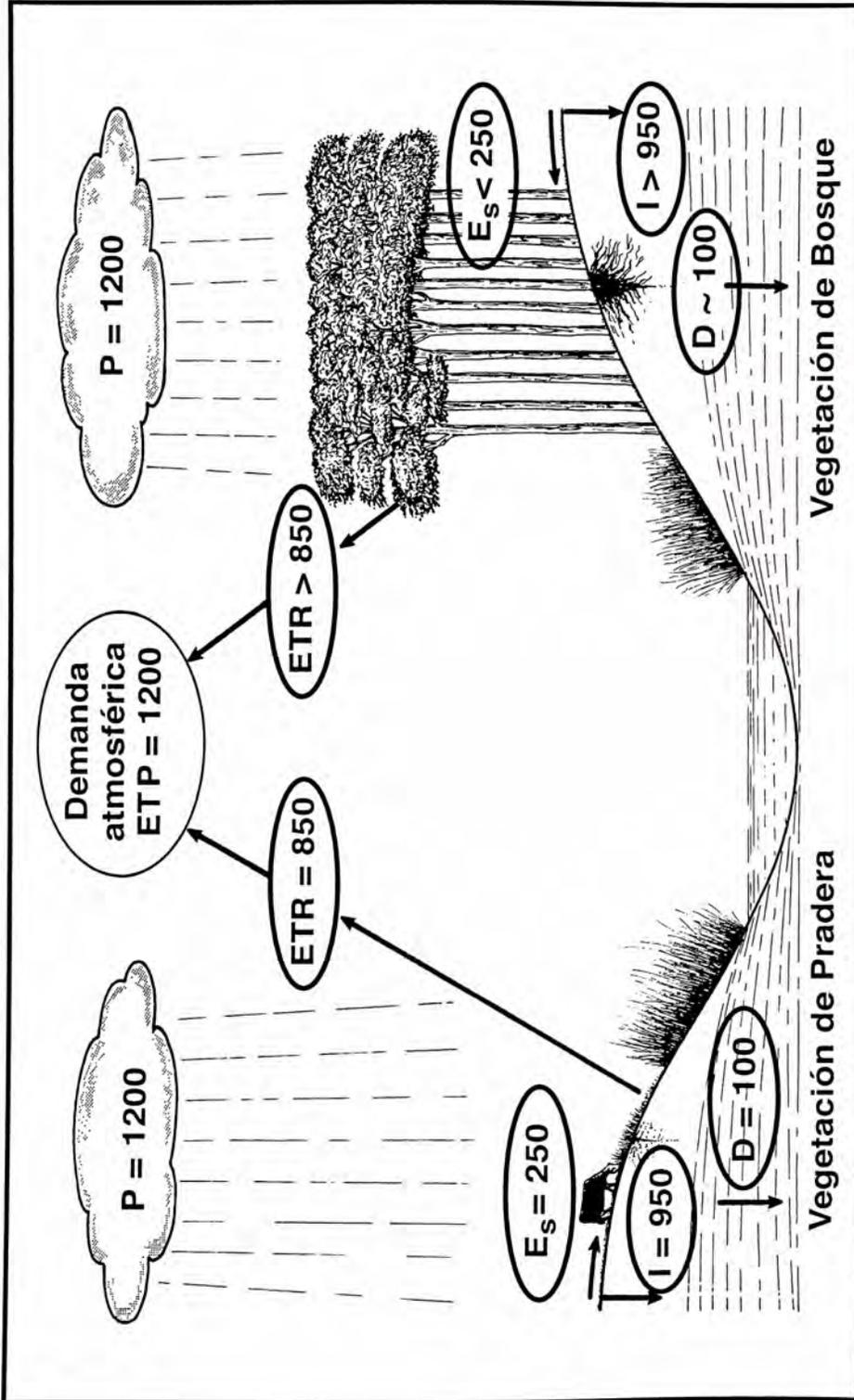


Figura 2. Representación de los principales procesos del ciclo del agua en vegetación de pradera y de bosque. Las cifras expresan  $L/m^2/año$  (mm/año).  
 ETP= evapotranspiración real; P= precipitación;  
 ES= escurrimiento superficial; I= infiltración; D= drenaje interno.



Las plantaciones de eucaliptos no afectan seriamente a los recursos hídricos.

en la ETR. Es incierto el efecto sobre el drenaje interno del suelo. La ETR podría alcanzar valores máximos teóricos de  $1.200 \text{ L/m}^2$ , lo que sucedería solamente en caso de que las raíces de los eucaliptos encuentren permanentemente agua libre. En la realidad, el valor de ETR estaría en algún punto intermedio entre  $800$  y  $1.000 \text{ L/m}^2$ .

## 6. Síntesis

Según lo expuesto en párrafos anteriores, la precipitación anual en Uruguay supera al déficit de agua de la atmósfera. El contenido de agua de los suelos tiene un comportamiento cíclico característico, con disminución muy marcada en el verano y reposición con excesos de agua en el invierno. Estos excesos son evacuados por drenaje superficial y drenaje interno de los suelos. Si se compara bosques con praderas, aquéllos determinarían una mayor oscilación en las reservas de agua

en el suelo, con fuerte descarga en verano, y recarga total, con excesos, en invierno. También es de esperar un leve menor escurrimiento superficial, lo que podría generar reducciones temporarias en el caudal de corrientes superficiales de agua. No hay razones para presuponer que la forestación con eucaliptos conduce a un agotamiento del recurso agua.

## Energía

Las tres principales fuentes de energía para el consumo nacional son petróleo (57%), leña y carbón vegetal (22%) e hidroelectricidad (19%) (MIE 1995). Estas cifras demuestran la alta dependencia del país de un insumo importado como lo es el petróleo, lo cual significa una situación de alta vulnerabilidad. Las importantes inversiones realizadas algunas décadas atrás (construcción de represas hidroeléctricas, reconversión de calderas industriales de combustibles fósiles a leña) demuestran la preocupación existente por este tema.

Si bien la forestación en Uruguay no ha sido concebida con un objetivo principal de producción de energía, no debe soslayarse que la fotosíntesis vegetal es un proceso que capta importantes cantidades de una fuente de energía renova-

---

*Al introducir eucaliptos en un sitio bajo pastura natural, es de esperar una mayor infiltración de agua en el suelo, y un incremento en la ETR.*

---

Más de un quinto de la energía consumida en el país proviene de la madera.



ble, la radiación solar, y la almacena en forma de enlaces químicos entre átomos de carbono. La madera de los árboles contiene elevadas concentraciones de esta energía química (20.000 J/g).

Algunas empresas industriales han encarado inversiones forestales con una finalidad principalmente energética. Sin embargo, la gran mayoría de la madera que se cosechará en el país seguramente tendrá otros destinos económicamente más atractivos, al menos mientras se mantenga la actual ecuación de precios de leña y petróleo. Los residuos industriales, que en el caso de aserrío constituyen hasta más de la mitad de la madera rolliza, podrían constituir una forma abundante de energía.

A efectos de ilustrar el potencial energético de la forestación en Uruguay, cabe mencionar que una cantidad igual a la venta anual de electricidad de UTE (5.000 GW-hora) podría generarse a partir de la quema de algo más de 3.000.000 ton de madera es decir, aproximadamente la mitad de la producción total de madera de eucaliptos proyectada para el año 2003 (MGAP, Dirección Forestal). La generación de energía eléctrica a partir de quema de madera no está exenta de inconvenientes: requiere de importantes inversiones y costos de manipuleo; y tiene además implicancias ambientales, ya que la cantidad de energía obtenida por unidad de masa de carbono es menor que la del petróleo, y por lo tanto, su potencial contaminante es mayor. A pesar de ello, es factible que en el futuro siga ocupando un lugar en el espectro de fuentes energéticas utilizadas en el país.

---

*que una cantidad igual a la venta anual de electricidad de UTE podría generarse a partir de la quema de la mitad de la producción total de madera de eucaliptos proyectada para el año 2003*

---

## Suelos

En relación con la forestación, hay dos aspectos de la preservación del recurso suelo que son de interés. En primer lugar, es necesario evaluar la incidencia sobre la erosión, particularmente en com-

paración con la situación de partida, que en la mayoría de los casos es campo natural o restablecido luego de un ciclo agrícola, con vegetación predominante de gramíneas perennes y uso pastoril. En segundo término, importa caracterizar los efectos sobre la calidad de los suelos, y su aptitud para uso futuro en forestación o en otros rubros.

### 1) Erosión

La erosión, en el caso de Uruguay por lluvia, es el principal agente de «consumo» de suelos. Las gotas de lluvia, aceleradas por la fuerza de gravedad, disipan su energía cinética al chocar contra la superficie del suelo. Ese impacto provoca el desprendimiento de partículas de suelo, que son arrastradas superficialmente. La presencia de biomasa vegetal, en particular si se trata de árboles o de residuos sobre la superficie, es el principal mecanismo para evitar la erosión.

Ello implica que los problemas de erosión ocurrirían solamente en aquellos momentos en que no existe cobertura: período de preparación de suelos; primeros estadios de desarrollo de los bosques; e inmediatamente después de raleos y cosechas.

---

*La presencia de biomasa vegetal, en particular si se trata de árboles o de residuos sobre la superficie, es el principal mecanismo para evitar la erosión.*

---

La erosividad de la lluvia en Uruguay no es constante a lo largo del año. Prácticamente la mitad de la erosividad total anual se concentra en los meses de verano; 25% en la primavera, 15% en invierno y 10% en otoño (Rovira *et al.*, 1981). Esta información sugiere que, si se considera solamente el poder erosivo de la lluvia, sería esperable una mayor incidencia de problemas de erosión en plantaciones de primavera que en las de otoño, particularmente si se realizan laboreos entre filas para el control de malezas en el primer verano después de la plantación.

Sin embargo, la erosión hídrica es función no sólo de la erosividad, sino también de la susceptibilidad de los suelos de ser erosionados. La erodabilidad de los suelos depende, entre otros factores, de la granulometría (textura), la estabilidad estructural y la capacidad de infiltración. Dadas las características del clima en Uruguay, la probabilidad de escurrimien-

to superficial es máxima en los meses de invierno, cuando la erosividad de la lluvia es mínima.



El laboreo en fajas en curvas a nivel ayuda a prevenir la erosión de los suelos forestales.

Los suelos arenosos, que tienen alta capacidad de infiltración -y cuando son profundos también tienen alta capacidad de almacenaje de agua- y mayor tamaño de partícula, serían, en este sentido, menos susceptibles a la erosión. Sin embargo, estos suelos son a su vez de estructura más débil que los suelos pesados, por lo que pueden sufrir procesos erosivos importantes, tal como se ha evidenciado en décadas anteriores con el desarrollo agrícola con laboreo intensivo de suelos.

Los máximos riesgos de erosión ocurrirían en suelos con pendientes moderadas a fuertes, poco profundos, y con texturas medias a pesadas y pobre estructuración. En estos suelos es necesario extremar las medidas para prevenir la erosión: realizar laboreo en fajas o plantaciones «a pozo», plantar en curvas a nivel, dejar residuos en superficie, evitar afinado excesivo, reemplazar laboreo por herbicidas, etc. Tal como lo estableció Lima (1997) en su consultoría al gobierno uruguayo, también se debería evitar el laboreo en las zonas de desagües y márgenes de corrientes de agua.

La exposición del suelo luego de la cosecha merece una consideración especial, ya que es una situación potencialmente peligrosa si no se toman precauciones. El uso de técnicas de cosecha que implican arrastre de trozas debería

evitarse. Dicho arrastre provoca remoción del mantillo que protege al suelo y crea surcos que se pueden transformar en vías de circulación de agua de escurrimiento y en zonas de iniciación de procesos erosivos. Otro elemento a considerar es el manejo de los «rameros». El picado y desparramado de los mismos sería una práctica muy adecuada para aumentar la protección del suelo, a la vez de promover el reciclado de nutrientes contenidos en estos restos.

## 2) Degradación

Los suelos también pueden ser agotados por degradación. El laboreo favorece la oxidación de la materia orgánica y conduce a la destrucción de la estructura del suelo. Si bien los suelos forestales son laboreados sólo esporádicamente, algunos suelos de estructura frágil y texturas livianas (arenosas) pueden sufrir igualmente un deterioro importante de su productividad.

Otro proceso degradativo de importancia en el caso de la forestación es el de la compactación causada por la operación de maquinaria de cosecha, especialmente en condiciones húmedas. Esta situación es altamente controlable, evitando el uso de ciertas técnicas («skidders»), reduciendo drásticamente el tráfico de personas dentro de los bosques, e incorporando elementos como ruedas de baja compactividad (Greacen y Sands 1980).



La extracción de trozas por arrastre puede favorecer los procesos erosivos y degradar los suelos.



El pastoreo puede causar daños a los bosques y el suelo.

**Nutrientes**

El pastoreo con lanares, vacunos y equinos es también causante de degradación del suelo por dos vías. Por un lado, elimina el mantillo que, como se señaló en el capítulo anterior, es un importante elemento protector del suelo. Por otra parte, los animales compactan el suelo, disminuyendo la capacidad de infiltración de agua y por lo tanto, limitando la productividad potencial de los bosques. Es necesario realizar estudios nacionales para evaluar cuantitativamente estos problemas.

Por último, la forestación causa generalmente acidificación de los suelos, debido a la descomposición microbiana de los residuos vegetales que se depositan sobre la superficie. No hay estudios a nivel nacional que hayan cuantificado este efecto, ni las consecuencias del mismo sobre la productividad futura de los suelos. Es importante mencionar que la acidificación es una consecuencia normal de otras prácticas conocidas y comúnmente empleadas en la producción agropecuaria uruguaya: el uso de fertilizantes amoniacales (urea, fosfato de amonio y otros), y la inoculación de leguminosas con bacterias del género *Rhizobium* (Morón y Pérez-Gomar 1994). De todas maneras sería necesario realizar estudios específicos para el caso de los eucaliptos en el país.

La concentración de nutrientes en la madera es en general menor que en otros tejidos vegetales. A pesar de ello, dado que las cantidades de madera extraídas en una explotación forestal son altas, y que los turnos de corte manejados en eucaliptos son cortos, las cantida-



El reciclado de ramas, hojas y nutrientes es esencial para mantener la fertilidad de los suelos.

---

*Si se contrasta las cantidades de nutrientes utilizadas como fertilizantes con las extraídas con el aprovechamiento de los bosques, queda claro que hay una alta dependencia del suministro natural de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio*

---

des totales de estos nutrientes que se extraen no son despreciables. Información experimental obtenida en Brasil con *Eucalyptus grandis* (Gonçalves 1995) indica que un bosque con una productividad de 290 m<sup>3</sup>/ha de madera sin corteza contenía 116 kg/ha de nitrógeno, 113 kg/ha de potasio, 47 kg/ha de calcio, y 11 kg/ha de fósforo en la madera. Las cantidades correspondientes a la corteza fueron 42, 59, 77 y 10 kg/ha, respectivamente.

Una alta proporción de las plantaciones de eucaliptos en Uruguay son fertilizadas en el momento de la plantación. Las formulaciones de fertilizantes que se utilizan contienen elevadas cantidades de fósforo, y relativamente bajas concentraciones de nitrógeno y potasio. No se fertiliza con otros nutrientes. Si se contrasta las cantidades de nutrientes utilizadas como fertilizantes con las extraídas con el aprovechamiento de los bosques, queda claro que hay una alta dependencia del suministro natural de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio, que se agrava aún más si además de la madera se retira la corteza, que es particularmente rica en potasio y calcio.

El nitrógeno puede ser suministrado a los bosques naturalmente a través de fijación no simbiótica (proceso por el cual ciertos microorganismos utilizan nitrógeno de la atmósfera para sintetizar sus proteínas) y disuelto en el agua de lluvia. Estos dos procesos pueden llegar a ser cuantitativamente importan-

tes en el caso de la forestación, ya que pueden equivaler a una importante proporción del nitrógeno contenido en la madera. Por otra parte, dada la naturaleza química de los residuos de los bosques, es esperable un alto grado de inmovilización de nitrógeno en la materia orgánica del suelo, lo cual podría inducir deficiencias de este nutriente.

El caso del fósforo es diferente, en el sentido que no hay formas de suministro natural (excepto las deyecciones de aves, que son poco significativas). Las cantidades de fósforo consumidas por los árboles son mucho menores que las de nitrógeno, y el P se encuentra en forma relativamente abundante en los suelos (típicamente en el orden de pocos miles de kilogramos por hectárea). Su captación por las plantas, sin embargo, depende de la habilidad de las mismas para producir finas ramificaciones de sus raíces y explorar el mayor volumen posible del suelo, ya que las formas químicas del P en el suelo son poco solubles y de escasa movilidad. La fertilización es necesaria para contrarrestar esa dificultad para capturar el fósforo del suelo, y esta práctica no sólo estaría evitando el agotamiento del nutriente, sino que estaría incrementando sus reservas. Las micorrizas -asociaciones biológicas de plantas y hongos- cumplen un rol muy importante en la nutrición fosfatada, y su explotación permitiría reducir las cantidades de fertilizante necesarias.

---

*Rotaciones excesivamente cortas (7-8 años) implicarían una importante extracción de nutrientes del suelo, y la posibilidad del agotamiento de las reservas de algunos minerales del suelo en el mediano plazo.*

---

*La quema de rameros, así como el retirado de trozas con corteza no son compatibles con el concepto de manejo forestal sostenible, y deberían ser desestimulados.*

La situación del potasio, y tal vez de algunos micronutrientes, parece más delicada que la de nitrógeno y fósforo. Como se mencionó, las cantidades extraídas pueden ser significativas, y estos elementos son suministrados casi exclusivamente por el suelo. Ello implica que en el largo plazo podría generarse una deficiencia de los mismos. De acuerdo con Turner y Lambert (1996), calcio y boro serían los elementos más críticos en plantaciones de eucaliptos.

En general, la cantidad de nutrientes absorbidos anualmente disminuye con la edad de plantaciones de eucaliptos (Lima 1996). Este concepto tiene importantes implicancias en la decisión del largo de los turnos de explotación. Rotaciones excesivamente cortas (7-8 años) implicarían una importante extracción de nutrientes del suelo, y la posibilidad del agotamiento de las reservas de algunos minerales del suelo en el mediano plazo.

Las ramas, hojas y corteza son particularmente ricos en ciertos elementos como el calcio y el magnesio. El reciclado de estos componentes de la biomasa de los bosques es una práctica esencial para el mantenimiento de las reservas minerales del sistema en el largo plazo (Judd 1996). La quema de rameros, así como el retirado de trozas con corteza no son compatibles con el concepto de manejo forestal sostenible, y deberían ser desestimulados.

Es necesario comenzar a obtener información científica sobre los procesos básicos de la dinámica de nutrientes en los sistemas forestales, a efectos de desarrollar técnicas de manejo de la fertili-

dad y de preservación de los nutrientes naturales. Estas técnicas comprenden la fertilización en etapas más avanzadas del monte, el laboreo entre filas como inductor de mineralización de materia orgánica, el uso de micronutrientes, el reciclado de corteza, rameros y aserrín, y la explotación de organismos fijadores de nitrógeno atmosférico y micorrizas.

## LOS EUCALIPTOS Y EL IMPACTO AMBIENTAL EN URUGUAY

### Intercambio de Gases entre el Suelo y la Atmósfera

De todos los gases que son normalmente intercambiados entre atmósfera y suelos con vegetación de bosques, los carbonosos son los que tienen una mayor implicancia ambiental. La atmósfera contiene  $740 \times 10^{15}$  g de C, principalmente como anhídrido carbónico (The World Resources Institute 1990). La Tierra contiene una cantidad de C 15.000 veces mayor, básicamente en forma mineral. El C orgánico, que es aproximadamente 0,001% del total de C terrestre, se compone principalmente de combustibles fósiles ( $9600 \times 10^{15}$  g de C), materia orgánica muerta ( $3500 \times 10^{15}$  g de C) y materia orgánica viva ( $600 \times 10^{15}$  g de C).

Cada año se transfiere a la atmósfera  $50-52 \times 10^{15}$  g de C por respiración de los organismos vivos y emisiones de metano; y  $6 \times 10^{15}$  g de C por quema de combustibles fósiles. El proceso de fotosíntesis fija una cantidad algo menor a la que resulta de la suma de respiración, metano y quema de petróleo ( $54-55 \times 10^{15}$  g de C), por lo que la cantidad de C en la atmósfera aumenta continuamente. Desde la época preindustrial, el contenido de anhídrido carbónico del aire ha pasado de 285 a 350 ppm, mientras que el de metano lo ha hecho de 0,7 a 1,7 ppm (The World

*cada árbol de eucalipto plantado retira de la atmósfera 6 kg de C cada año*

Rersources Institute 1990). Estos dos gases, junto con el óxido nitroso, y los CFC (cloro-fluorocarbono) son los principales responsables del efecto «invernadero», que como ya se mencionó, haría subir la temperatura de la Tierra en las próximas décadas.

Los principales agentes causantes del incremento de gases carbonosos en el aire son la quema de petróleo, la deforestación y la liberación antropogénica de metano. Cada uno de estos procesos emite, respectivamente,  $6 \times 10^{15}$  g de C,  $3 \times 10^{15}$  g de C y  $0,6 \times 10^{15}$  g de C. La cría de ganado vacuno y ovino es responsable por un sexto de la emisión total de metano (Hogan *et al.*, 1991). Es importante resaltar que el potencial de calentamiento global del metano es 14 veces superior al del anhídrido carbónico, por lo cual, a pesar de que las cantidades totales de metano emitidas anualmente son relativamente bajas, su importancia como gas del «efecto invernadero» es muy alta.

De toda la información precedente se desprende que bastaría un incremento de aproximadamente 10% en la fijación de C por fotosíntesis para detener el crecimiento de la concen-

tración de C en el aire que viene ocurriendo desde hace más de un siglo. Los bosques naturales están en equilibrio, por lo que la transferencia neta anual de carbono es nula. Lo mismo puede afirmarse de una vegetación de praderas como la que cubre la mayor parte del Uruguay. La reforestación, entendida como la plantación de árboles en áreas que tuvieron o no bosque en el pasado, es una forma muy efectiva de fijar C, especialmente en las zonas tropical y templada, que es donde la productividad es máxima (Faeth *et al.*, 1994).

De acuerdo a las productividades de los montes de eucaliptos en Uruguay, es posible asumir una fijación neta de 6.000 kg C/ha/año. Ello implica que cada árbol de eucalipto plantado retira de la atmósfera 6 kg de C cada año. Si se considera un área forestada de 300.000 ha, es posible calcular una fijación total de C atmosférico atribuible a la forestación de  $1,8 \times 10^{12}$  g C/año. Esta cifra es de muy escasa relevancia en términos mundiales: equivale apenas a 1/700 del C liberado por Estados Unidos en un año por uso de petróleo, y también a 1/700 del C gaseoso proveniente de la deforestación anual en Brasil. Sin embargo, esa cantidad supera al total de C gaseoso originado en actividades humanas en Uruguay ( $0,9 \times 10^{12}$  g C/año por quema de petróleo y  $0,4 \times 10^{12}$

La fijación de carbono atmosférico es el principal beneficio ambiental de la forestación.



g C/año por emisión de metano del ganado vacuno y ovino). En consecuencia, Uruguay sería uno de los poquísimos países del mundo con balance de carbono positivo: la emisión de C es menor que la cantidad que la forestación retira de la atmósfera (cuadro 1). Ello no significa que Uruguay haya dejado de contribuir al efecto invernadero, dado que el potencial de calentamiento del metano es mucho mayor que el del anhídrido carbónico, y se requeriría un área forestada sustancialmente mayor (del orden de un millón de hectáreas) para compensar dicho efecto.

Del punto de vista del balance de gases carbonosos, no caben dudas que la forestación en Uruguay tiene un impacto altamente positivo de una importancia tal, que seguramente compensa algunos de los posibles elementos ambientales negativos que pueda aparejar. Es paradójico

co el hecho que la ganadería extensiva, practicada en el país desde hace 350 años, a pesar de ser un importante contaminante de la atmósfera, es popularmente considerada como inocua, y no está sometida a los cuestionamientos que surgen hoy desde algunos sectores de la sociedad hacia la forestación. Inclusive podría especularse con que el proceso de fijación de C por la actividad forestal en el país podría ser de beneficio en el futuro para la colocación de productos animales uruguayos en ciertos mercados ambientalmente conscientes, que de otra forma los rechazarían por las altas emisiones de metano que generan.

### Contaminación de Suelos y Aguas

Las partículas de suelo arrastradas superficialmente hacia cursos de agua y los plaguicidas agrícolas son los principales contaminantes de suelos y aguas que tienen origen en actividades agropecuarias. En el caso de la forestación en Uruguay, la situación parece no cambiar mucho con respecto al sistema ganadero extensivo que reemplaza.

Como ya se discutió, la erosión de suelos no se espera que sea en general un problema. Por otra parte, la forestación comprende sólo un 2% del territorio del país, por lo

*Uruguay sería uno de los poquísimos países del mundo con balance de carbono positivo: la emisión de C es menor que la cantidad que la forestación retira de la atmósfera*

**Cuadro 1.** Indicadores del balance de C del país asumiendo un área forestada de 300.000 ha. Elaborado en base a diversas fuentes.

	<b>Emisión Antropogénica</b>	<b>Fijación Neta por Forestación</b>
Total (g C/año)	1,3 x 10 <sup>12</sup>	1,8 x 10 <sup>12</sup>
Por habitante (kg C/año)	480*	600
Unidades de calentamiento kg C-CO <sub>2</sub> /habitante	2120	600

\* Este valor es la suma de las contribuciones de quema de petróleo (300), emisiones de metano (130) y otros (50).

que el potencial contaminante de los sedimentos de suelo originados en erosiones de áreas forestadas es reducido.

La forestación implica un mayor uso de agroquímicos que la ganadería extensiva. La gran mayoría de ellos carecen de efectos negativos para el ambiente. Los fertilizantes son simplemente compuestos químicos que se encuentran normalmente presentes en los suelos. La mayoría de los herbicidas utilizados (glifosato, sulfosato, oxifluorfen, haloxifop metil, etc.) son de muy baja toxicidad en mamíferos, y muchos de ellos se descomponen rápidamente o son inmovilizados en el suelo. Las cantidades de insecticidas, potencialmente los productos más negativos del punto de vista ambiental, que se utilizan son extremadamente reducidas. Por consiguiente, la forestación no ocasionaría contaminaciones significativas de suelos y aguas. Es necesario sin embargo, la realización de estudios nacionales que permitan corroborar lo antedicho, y que evalúen los efectos de ciertos plaguicidas sobre la microflora, micro y mesofauna de los suelos y aguas del país.

En el análisis de contaminación de aguas por la forestación, no debe dejar de considerarse el problema de los residuos industriales de las fábricas de celulosa. El cloro, utilizado por las mismas para blanquear la celulosa, reacciona con la lignina y forma dioxina y otros subproductos cancerígenos, que son volcados a las corrientes de agua, con consecuencias negativas para peces y otros animales y plantas. Existen tecnologías industriales disponibles para reemplazar el cloro por compuestos más benignos, como el ozono y los peróxidos, aunque los mismos pueden descomponer también a la celulosa. También es posible el tratamiento biológico de aguas residuales para eliminar los subproductos tóxicos. Recientemente se ha reportado un nuevo grupo de compuestos, los polioxometalatos, que serían capaces de reemplazar al cloro sin los inconvenientes del ozono y los peróxi-

dos, aunque aún están en la fase experimental (Service 1995).

Los mercados del futuro serán cada vez más exigentes en cuanto a la sanidad ambiental de los productos consumidos. A modo de ejemplo, 35% del papel consumido en Europa en 1995 era libre de cloro, y esta proporción se incrementará en los próximos años. Es altamente probable que cualquier industria de celulosa que se instale en el país encare la producción de este tipo de papel «ecológico».

### Biodiversidad

Los bosques constituyen un ambiente protector de diversas formas de vida animal y vegetal. La forestación en Uruguay sería entonces, una forma de preservar y enriquecer nuestra biodiversidad, aunque

---

*Los mercados del futuro serán cada vez más exigentes en cuanto a la sanidad ambiental de los productos consumidos.*

---

es necesario considerar que las plantaciones con especies exóticas son normalmente menos ricas en fauna y flora que los bosques nativos. Un estudio reciente realizado por Forestal Oriental (1995) en plantaciones de eucaliptos en el litoral oeste detectó la presencia de 134 especies de aves, algunas de ellas nunca antes reportadas en el país, y 21 especies de mamíferos, cuatro de ellas amenazadas de extinción (puma, guazubirá, gato montés y aguará-guazú).

Como contrapartida de este aspecto beneficioso, podría incrementar la incidencia de especies plaga para la agricultura y la ganadería, como palomas, ciervos, jabalíes y otros, las que encuentran reparo en las nuevas masas boscosas. Muchas de estas especies no son nati-

vas. Existe desinformación sobre la evolución de las mismas.

En cuanto a las especies vegetales, el reemplazo de praderas por bosques monoespecíficos, en los que incluso se combate las malezas, actúa en contra de las especies nativas, posiblemente afectando la diversidad genética intraespecífica. Debe considerarse sin embargo, que el área total forestada representa una pequeña fracción del total del país, y que además, asociado con los bosques, existe toda una trama de caminos, calles cortafuego, bajos, alambrados, etc., que constituirían un reservorio de esas especies nativas.

En el análisis del impacto de la forestación sobre la biodiversidad no debería soslayarse que la alteración del ecosistema natural en el país comenzó hace cuatro siglos con la introducción de la ganadería por los españoles, y se aceleró con la expansión de la agricultura en el siglo XX. El ecosistema de praderas que se está parcialmente reemplazando con árboles es pues, bastante diferente del nativo.

El tipo de vegetación también tiene connotaciones paisajísticas y estéticas. La implantación de bosques concentrados en ciertas zonas del país altera definitivamente el paisaje en las mismas. Este cambio puede ser bienvenido para las personas que disfrutan de la vista de bosques, pero también puede desagradar a aquellos que prefieren campos visuales más extensos.

En síntesis, si bien es esperable que el proceso de forestación en Uruguay no perjudique la vida silvestre, y que en cierta forma la proteja, no se cuenta con información científica que lo demuestre. Se hace necesario entonces realizar estudios que permitan realizar un diagnóstico del impacto de la forestación sobre la biodiversidad en todas las áreas productivas del país. Complementariamente, debería realizarse una evaluación del valor potencial de las especies cuya diversidad genética podría verse amenaza-

da, y tomar las medidas necesarias para su preservación.

## CONCLUSIONES

La forestación con eucaliptos y otras especies exóticas no es un fenómeno nuevo en el país. El nuevo empuje de la forestación está ocurriendo en una época de gran concientización social por la problemática ambiental, lo que motiva la alta preocupación por el tema.

---

*si bien es esperable que el proceso de forestación en Uruguay no perjudique la vida silvestre, y que en cierta forma la proteja, no se cuenta con información científica que lo demuestre.*

---

La forestación en Uruguay tendría un impacto altamente positivo en lo relativo a la fijación de carbono atmosférico y la preservación de especies animales. También implica beneficios en la preservación de recursos naturales, principalmente energía.

En el análisis efectuado no se ha identificado grandes problemas ambientales asociados a la forestación con eucaliptos en Uruguay. A pesar de ello, es necesario confirmar hipótesis y obtener información nacional mediante estudios científicos y de monitoreo:

- \* Se requiere información sobre las reservas de agua en el país y cómo son afectadas por las plantaciones de eucaliptos: cantidades de agua que infiltran en el suelo, cociente ETR/ETP, fluctuaciones en los contenidos de agua de los suelos, y caudal de corrientes de agua superficiales.



La mecanización de las cosechas con equipos modernos minimiza los impactos ambientales negativos.

- \* La incidencia de erosión en algunos suelos problemáticos debería ser monitoreada, a efectos de diseñar prácticas de manejo en los mismos.
- \* Tal vez el aspecto más negativo de la actual tecnología de forestación lo sea la dependencia muy alta de los suelos para el suministro de nutrientes a los árboles. Se requiere la realización de estudios profundos en el tema.
- \* Finalmente, los cambios en la incidencia de plagas agrícolas como consecuencia de la forestación deberían ser evaluados en forma objetiva, a efectos de identificarlos claramente, y de ser necesario, tomar las medidas correspondientes para su control.

Todos estos temas son potenciales áreas de trabajo para el INIA y otras instituciones como universidades y dependencias del Estado. A ellos cabría agregar la necesidad de describir indicadores de sostenibilidad de la producción forestal, que podrá ser un requisito para la comercialización de productos del país en el mercado internacional, como consecuencia de ser el Uruguay signatario del Proceso de Montreal.

El signo positivo o negativo del impacto ambiental de los eucaliptos depende en gran medida de las acciones de los productores individuales. Independiente-

mente de las necesidades de estudio mencionadas, el conocimiento ya existente permite diseñar prácticas silviculturales a nivel de predios individuales que apunten al logro de un manejo forestal sostenible. A lo largo del texto se ha mencionado algunas de estas prácticas:

- \* **Procurar reducir al máximo posible el laboreo de suelos, evitando zonas frágiles como desagües o márgenes de corrientes de agua. En suelos con mucha pendiente, realizar las prácticas de laboreo en curvas a nivel.**
- \* **Realizar esfuerzos para la preservación de ciertas especies nativas en áreas de reserva específicas, o en caminos cortafuego, alambrados y zonas no aprovechables.**
- \* **Buscar en lo posible altas tasas de crecimiento, a través de fertilización, y control de malezas y de plagas.**
- \* **Diseñar políticas de fertilización con el doble objetivo de aumentar la productividad y mantener la reserva de minerales de los suelos.**
- \* **Evitar el pastoreo de la vegetación de sotobosque para preservar la capacidad de infiltración de agua de los suelos y mantener el mantillo protector sobre la superficie.**



Los bosques con destino aserrable y rotaciones largas maximizan los beneficios de fijación de C y reducen a un mínimo la extracción de nutrientes del suelo.

- \* Planificar turnos de cosecha largos a efectos de no agotar el banco de reserva de algunos minerales del suelo. Evitar rotaciones excesivamente cortas.
- \* Mecanizar la cosecha, evitando técnicas basadas en el arrastre de trozas, y utilizando maquinarias de baja compactación, con neumáticos de baja presión. Reducir al mínimo posible el tráfico dentro de los bosques, particularmente cuando el suelo está muy húmedo.
- \* Reciclar los rameros y corteza. En lo posible éstos deberían ser picados y desparramados sobre la superficie cosechada.

## BIBLIOGRAFIA

- CARRERE, R. Y LOHMANN, L. 1996. Pulping the South. Industrial tree plantations and the world paper economy. Zeal Books Ltd., London.
- COMPañIA FORESTAL ORIENTAL S.A. 1995. Estudios de Impacto Ambiental. Folleto. 12 p.
- FAETH, P. CORT, C. y LIVERNASH, R. 1994. Evaluating the carbon sequestration benefits of forestry projects in developing countries. World Resources Institute. Washington D.C.
- GONÇALVES, J.L.M. 1995. Establecimiento de plantaciones de eucaliptos usando o sistema de cultivo mínimo do solo. In X Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Argentina. pp. 11-15.
- GREACEN, E.L. Y SANDS, R. 1980. Compaction of forest soils. A review. Australian Journal of Soil Research. 18:163-189.
- HOGAN, K.B., HOFFMAN, J.S. Y THOMPSON, A.M. 1991. Methane on the greenhouse agenda. Nature 354:181-182.
- JUDD, T.S. 1996. Simulated nutrient losses due to timber harvesting in highly productive eucalypt forests and plantations. In Attiwill, P.M. and Adams, M.A., eds. Nutrition of Eucalypts. CSIRO Publishing, Australia. pp. 249-258.
- LIMA, W.P. 1996. Impacto ambiental do eucalipto. Edusp, San Pablo. 2da. Ed. pág. 301.
- LIMA, W.P. 1997. Impactos ambientales de programas de forestación. Informe final de consultoría. MGAP/Dir. Forestal. pág.92.

- MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA.** 1971. Clima y Agricultura. Boletín de Divulgación N° 9. CIAAB. La Estanzuela, Colonia.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.** 1995. Balance energético nacional 1994. Dirección de Energía. Montevideo, Uruguay.
- MINISTERIO DE GANADERIA, AGRICULTURA Y PESCA.** Dirección Forestal.
- MINISTERIO DE GANADERIA, AGRICULTURA Y PESCA.** 1997. Criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible. Ambiente global: acciones del Uruguay en el marco del proceso de Montreal. Dirección Forestal. Primer encuentro forestal del Litoral. Paysandú, Abril 1977.
- MORON, A. Y PEREZ-GOMAR, E.** 1994. La acidez del suelo y su corrección. In Manejo y Fertilidad de Suelos. Serie Técnica 42. INIA La Estanzuela. Colonia, Uruguay. pp. 37-40.
- POORE, M.E.D. Y FRIES, C.** 1987. Efectos ecológicos de los eucaliptos. FAO. Estudio Montes 59. Roma. 106 p.
- ROVIRA, L., CORSI, W., GARCÍA, F., Y HOFSTADTER, R.** 1981. Intensidades máximas y erosividad de lluvias en el área de influencia de la estación agroclimática La Estanzuela. MAP/IICA. Montevideo, Uruguay.
- SERVICE, R.F.** 1995. Cleaning up white paper. Science 268:500-501.
- THE WORLD RESOURCES INSTITUTE.** 1990. World Resources 1990-91. Oxford University Press. New York.
- TURNER, J. Y LAMBERT, M.J.** 1996. Nutrient cycling and forest management. In Attiwill, P.M. and Adams, M.A., eds. Nutrition of Eucalypts. CSIRO Publishing, Australia. pp. 229-248.

---

Este libro se imprimió en los Talleres Gráficos de  
Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L.  
Montevideo - Uruguay

Edición Amparada al Decreto 218/996  
**Depósito Legal 306.811/98**