

**PLANTACIONES FORESTALES E
IMPACTOS SOBRE EL CICLO DEL AGUA**
Un análisis a partir del desarrollo de las
plantaciones forestales en Uruguay

CARLOS PEREZ ARRARTE

Montevideo
Febrero 2007

Edición: Hersilia Fonseca
Diseño de tapa: Flavio Pazos

© GRUPO GUAYUBIRA
Maldonado 1858, 11.200 Montevideo, Uruguay
Tel.: +598 2 413 2989, Fax: +598 2 410 0985
correo electrónico: info@guayubira.org.uy
internet: <http://www.guayubira.org.uy>

Publicado en: marzo de 2007
ISBN: 978-9974-8030-0-8

La elaboración de esta publicación fue posible gracias al apoyo de la
Sociedad Sueca para la Conservación de la Naturaleza (SSNC).



Svenska Naturskyddsföreningen

PLANTACIONES FORESTALES E IMPACTOS SOBRE EL CICLO DEL AGUA

**Un análisis a partir del desarrollo de las
plantaciones forestales en Uruguay**

CARLOS PEREZ ARRARTE



ACERCA DE ESTE LIBRO

Durante años el Grupo Guayubira ha venido denunciando los impactos de los monocultivos de pinos y eucaliptos sobre el agua, aportando evidencias concretas al respecto, tanto en el ámbito nacional como internacional. Frente a dicha evidencia, la reacción del Estado y del sector forestal consistió en descartarla bajo el pretexto de que no estaba basada en estudios “científicos”.

Sin embargo, y pese a los desmentidos oficiales, el avance forestal continuó impactando sobre el agua y la voz “no científica” de los afectados se hizo oír cada vez más fuerte.

En ese contexto, Guayubira decidió abordar la tarea de reunir la evidencia –científica y no científica– disponible en el país sobre el tema. La misma fue encomendada a Carlos Perez Arrarte, investigador del Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo, Uruguay (CIEDUR) quien a fines de los años 1980 coordinó la investigación “Desarrollo Forestal y Medio Ambiente en Uruguay” y que desde entonces siguió muy de cerca el avance de las plantaciones de árboles y sus impactos.

De la lectura del presente trabajo no queda duda alguna de que los monocultivos forestales de rápido crecimiento impactan sobre el agua. Esperamos que la evidencia aquí reunida, presentada de manera comprensible para toda persona interesada en el tema, sirva para ilustrar el necesario debate nacional sobre un tema tan controvertido como éste.

ÍNDICE

Introducción	9
El ciclo hidrológico en la pradera	11
A. El movimiento permanente	11
B. Conceptos básicos	13
C. El ciclo hidrológico en la pradera	19
El agua en las plantaciones forestales	23
A. Modificaciones en el ciclo hidrológico en relación al bioma de pasturas	23
B. Las investigaciones y advertencias iniciales	24
C. Avances en la investigación nacional del ciclo hidrológico en las plantaciones forestales	28
<i>-Comentario de los resultados de la investigación nacional reciente</i>	32
D. Nuevas evidencias de las modificaciones derivadas de las plantaciones forestales	33
Implicaciones económicas y sociales de las alteraciones en el ciclo del agua inducidas por las plantaciones forestales	35
Repercusiones en la sociedad	41
A. El conocimiento tradicional	41
B. Acciones desde la sociedad civil	42
C. Las nuevas dimensiones de los conflictos por el agua	45
Conclusiones	48
Anexo I. Precipitaciones en Uruguay	49
Anexo II. Planteo realizado por Grupo Guayubira al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)	50
A. Apéndice. Algunas observaciones sobre el contenido de la publicación “La forestación con eucaliptus en Uruguay: sus impactos sobre los recursos naturales y el ambiente”. INIA, Serie Técnica No.88, agosto 1997	52

Anexo III. Represamientos de agua en la cuenca del Río Negro 56

Índice de Cuadros

Cuadro 1.	Principales cuencas hidrológicas	17
Cuadro 2.	Relaciones lluvia escurrimiento (Valores del coeficiente C)	19
Cuadro 3.	Agua en el suelo en dos microcuencas	20
Cuadro 4.	Uso del agua de escurrimiento.	21
Cuadro 5.	Plantaciones forestales en la cuenca del Río Negro (año 2000)	39

Índice de Figuras

Figura 1.	Reservorios de agua en la naturaleza y sus relaciones.	12
Figura 2.	Destino de las precipitaciones pluviales	13
Figura 3.	Agua disponible en los suelos de Uruguay	16
Figura 4.	Distritos de Manejo y Conservación de suelos y aguas según el Plan Nacional de Lucha contra la Desertificación	18
Figura 5.	Representación esquemática de los componentes del balance hídrico del suelo, en una plantación de Eucalipto Grandis de cinco años de edad, comparado con la vegetación natural del Cerrado. Estado Minas Gerais, Brasil	26
Figura 6.	Distribución de los suelos de prioridad forestal en las cuencas Hidrológicas	38
Figura 7.	Principales zonas agropecuarias	40

Índice de Recuadros

Recuadro 1.	El bioma de pradera	13
Recuadro 2.	Reclamos de productores rurales y pobladores por afectaciones de abastecimiento de aguas, imputados a las plantaciones forestales, que han sido difundidas por los medios de comunicación.	45
Recuadro 3.	Artículo 47 de la Constitución de la República (Reformado en 2004)	47

INTRODUCCIÓN

Los árboles del género *Eucalyptus* vienen siendo cultivados en Uruguay desde fines del siglo XIX, constituyendo un componente característico del paisaje agrario y urbano del país. En diciembre de 1987 una nueva Ley Forestal –Nº 15.939– inició el proyecto de plantaciones forestales que está en curso, al que se refiere este trabajo. En los años previos se habían realizado plantaciones de cierta escala, con el objetivo principal de proporcionar energía para uso industrial, pero es a partir del nuevo marco legal que la expansión de las plantaciones forestales monoespecíficas adquiere dimensiones extraordinarias en relación a la historia nacional. El propósito de este trabajo es analizar las relaciones entre las plantaciones forestales a gran escala y las modificaciones en el ciclo del agua, y señalar sus impactos e implicaciones en la sociedad y la economía. El trabajo tiene un enfoque y una finalidad de divulgación para un público amplio, y toma como referencia un período que comprende los 20 años siguientes a la promulgación de la ley.

Plantaciones forestales en gran escala en la pradera nativa, son una novedad en la historia evolutiva de la humanidad. El proceso tradicional de ocupación de tierras por el hombre fue de carácter inverso, ocurrió basado en la deforestación de montes nativos del viejo mundo, como fuente de energía, para usos agrícolas y cría de ganado. Proceso que aún hoy se continúa en la frontera de las selvas tropicales, notablemente en los bordes amazónicos de nuestro continente. Lo nuevo de este fenómeno, que ha ocurrido principalmente en Sudáfrica y América Latina en los últimos 30 años, resultó en la existencia de un reducido conocimiento de los procesos biofísicos básicos, y de los impactos sociales y económicos asociados.

Los pastizales o praderas naturales se asimilaron al personaje de la cenicienta en los estudios y prioridades del ambiente académico especializado en la investigación de los biomas. Nuestra cultura –tributaria del primer mundo– importó la primacía del árbol y del bosque asociado al concepto natural, y ha desconocido los valores de la pradera, ambientales y sociales, a pesar de que Uruguay durante 4 siglos construyó su economía sobre los recursos naturales de la pradera.

Desde la perspectiva de los recursos naturales, la historia agronómica del Uruguay ha estado dominada por los recursos del suelo. Otros componentes del ecosistema, el agua, la atmósfera, la biodiversidad de la vegetación y la fauna nativa, fueron temas relegados por la academia y la política. Concordantemente, todos los esfuerzos históricos de ordenamiento territorial de las plantaciones forestales se han derivado de la definición de la aptitud y prioridad de uso de grupos de suelos.

Se dedica un primer capítulo a repasar conceptos básicos del ciclo hidrológico y las especificidades de la pradera nativa. Se revisa posteriormente el ciclo hidrológico en las plantaciones forestales, incluyendo un conjunto de trabajos nacionales pioneros de investigación y consultoría, basados en antecedentes bibliográficos mundiales y datos empíricos de nuestros

recursos naturales; posteriormente, han surgido trabajos que aportan información experimental original de terreno, del país y de regiones similares, comparando el comportamiento de componentes del ciclo hidrológico bajo diferentes usos del suelo. Las nuevas preocupaciones por el cambio climático global, la emisión de gases de efecto invernadero, el ciclo del carbono, están delineando un marco de revalorización académica del bioma de pastizales, que ha llevado a producir una nueva generación de investigaciones de gran alcance.

Aunque la población rural tenía preconceptos sobre el cultivo de las plantaciones de eucaliptos y de ciertos impactos ambientales, solo aflorarán cuestionamientos y reclamos en la medida que se aprecian impactos directos en temas cruciales, como el abastecimiento de agua a los establecimientos rurales, o la competencia con otros cultivos y actividades que dependen de ese recurso. Pronto se agregaron otros protagonistas interesados en aspectos vinculados al nuevo carácter de las plantaciones –la presencia de la inversión extranjera directa y la reestructura de la empresa rural, la escala y dimensión de los macizos forestados, las perspectivas de ocupación de grandes territorios, el desplazamiento de productores rurales y otras actividades productivas, la revalorización del acceso al agua como un derecho humano. Así, ha surgido un movimiento ciudadano y de organizaciones no gubernamentales que trabajan para informar y cuestionar lo que consideran un desarrollo insustentable.

EL CICLO HIDROLÓGICO EN LA PRADERA

A. El movimiento permanente

El ciclo del agua es uno de los múltiples ciclos de elementos y energía que ocurren en la naturaleza. Constituye una expresión del principio de conservación de la materia, señalando el movimiento permanente y circular del agua en la biosfera, en diferentes y sucesivos estados físicos y combinaciones químicas de sus elementos originales.

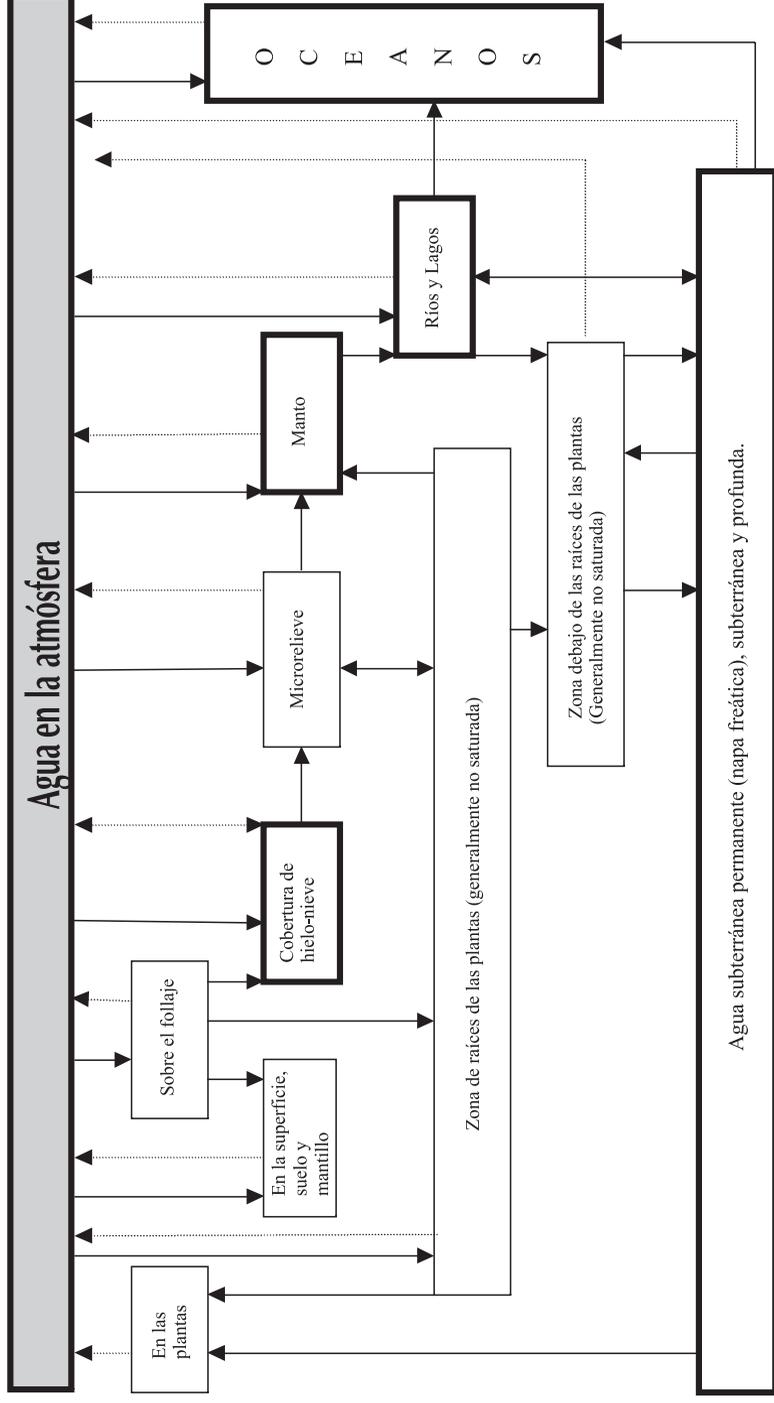
En la Figura 1 se ilustra la distribución de la masa de agua del planeta distribuida en un instante en diferentes reservorios, que se vacían y se llenan continuamente, con diferentes permanencias en cada uno de ellos, movimiento impulsado por el flujo de energía solar y sus transformaciones¹. Los reservorios se representan en la figura como rectángulos; el agua y el vapor de agua se pueden mover horizontal y verticalmente, flujos que se representan con flechas.

El agua cumple funciones esenciales en la vegetación, como en todos los seres vivos, incluyendo su participación en la síntesis de materia orgánica, el transporte de nutrientes y la regulación térmica. Por medio del proceso de fotosíntesis, y a partir de la energía solar, las plantas sintetizan materia orgánica, utilizando agua del suelo (H₂O) y anhídrido carbónico (CO₂) de la atmósfera, y liberando oxígeno a ese medio, construyendo los hidratos de carbono –glucosa, almidón, celulosa, lignina– y otros constituyentes orgánicos básicos del bioma. Es importante percibir que los componentes de una fracción del agua absorbida del suelo por la planta pasan a constituir sus tejidos vegetales, su base constructiva, y temporariamente su ciclo queda estacionario hasta que se degraden y descompongan los tejidos vegetales.

También la vegetación, como los animales, en el proceso permanente de respiración celular oxida una parte de la materia orgánica sintetizada y acumulada, consume oxígeno de la atmósfera y libera anhídrido carbónico y agua a ese medio.

¹ Furchini Mejía, M. C. (1994). El agua en las llanuras. UNESCO. Programa Hidrológico Internacional.

Figura 1. Reservorios de agua en la naturaleza y sus relaciones



Fuente: Falkenmark, M.; Chapman, T. (1989). *Comparative hydrology*. UNESCO; citado en Furchini Mejía, M. C. ob.cit.

Referencias: flujo líquido-sólido (hielo, granizo): flecha línea continua; flujo de vapor: flecha línea punteada; recuadro trazo grueso: movimiento horizontal en el reservorio; trazo fino: movimiento vertical.

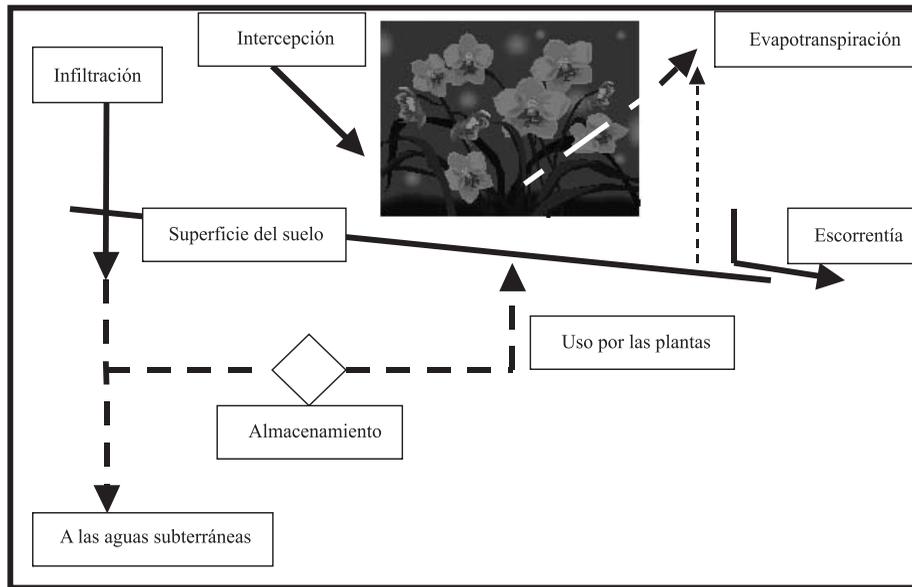
B. Conceptos básicos

Las condiciones naturales de nuestro ambiente predominante son caracterizadas por el llamado bioma de pradera, o de pastizales, o de campo natural (véase Recuadro 1).

En las condiciones del bioma de pradera en un paisaje levemente ondulado, podemos analizar el ciclo hidrológico a partir de cinco flujos principales: precipitación, intercepción, infiltración, escorrentía, y evapotranspiración. (Figura 2). Una forma corriente de expresar estos flujos es en equivalencia a milímetros (mm) de altura de agua, en forma análoga a como se describen las precipitaciones; 1 mm equivale a 1 litro de agua por metro cuadrado.

La **precipitación** es el aporte principal al sistema natural y constituye el impulso inicial; otros aportes menores son el rocío y granizo². El volumen de las lluvias es muy variable en el territorio, estacionalmente, y año a año.

Figura 2. Destino de las precipitaciones pluviales



² En las llanuras de pendientes muy reducidas –como en ciertas regiones de la Pampa Argentina– ocurren extensos procesos de inundación por un manto superficial de agua que se desplaza lentamente, afectando regiones distantes del origen de las precipitaciones.

La precipitación tiene tres destinos primarios: la interceptación, la infiltración en el suelo y la escorrentía. La **intercepción** es el volumen de agua que es interceptada por el follaje y permanece en él, y que luego –sin llegar al suelo– se evapora retornando a la atmósfera. Su volumen depende del tipo de vegetación y del número y distribución de los eventos de lluvia: cuando más pequeñas y distribuidas son las precipitaciones se incrementa la importancia de la interceptación. En las condiciones de un campo natural bajo pastoreo es un componente relativamente pequeño.

La **infiltración** en el suelo es el componente de las precipitaciones que humedece la superficie y profundidad del suelo, en particular el área del suelo que es explorada por las raíces de las plantas. El suelo tiene capacidad para almacenar agua –dependiente de las características del mismo, tales como su textura y estructura, contenido de materia orgánica, profundidad del perfil– hasta un máximo en cada tipo de suelo que es conocido como la capacidad de campo (CC). Por otra parte, hay una fracción del agua del suelo que las plantas no pueden extraer, y se marchitan al llegar a ese punto, conocido como el coeficiente de marchitez permene (CMP). La diferencia entre la CC y el CMP es el volumen de agua disponible para las plantas. Al finalizar la época lluviosa generalmente el almacenamiento está cercano al máximo, y durante el verano o en las épocas de sequía evoluciona al mínimo. En la Figura 3 se presenta un mapa con el agua potencialmente disponible en los suelos del Uruguay, observándose la importante variación que existe entre los distintos suelos –áreas con menos de 40 mm potenciales, a otras con más de 160 mm–, y la mayor capacidad que presentan los suelos forestales de Tacuarembó y Rivera. El 30% del territorio posee tierras con muy baja y baja capacidad de almacenar agua disponible.

Cuando hay precipitaciones abundantes, y el suelo no puede retener un mayor almacenamiento, se produce un drenaje interno hacia las capas más profundas, el cual eventualmente podrá llegar a las profundidades requeridas para recargar las napas freáticas o aguas subterráneas. Algunas áreas, por las características de los suelos y del subsuelo –que los hacen muy permeables– son particularmente propicias para permitir el drenaje interno, constituyendo las denominadas áreas de recarga de los acuíferos.

En condiciones de precipitaciones abundantes, y cuando el suelo es incapaz de infiltrar parcial o totalmente las lluvias, se produce la **escorrentía** o drenaje externo, desplazándose el agua por encima de la superficie del suelo hacia las depresiones del relieve, y luego a los cursos más significativos, cañadas, arroyos, ríos³. La escorrentía dependerá del tipo de suelo, de la cubierta vegetal que tenga ese suelo, del relieve, de la intensidad de las precipitaciones.

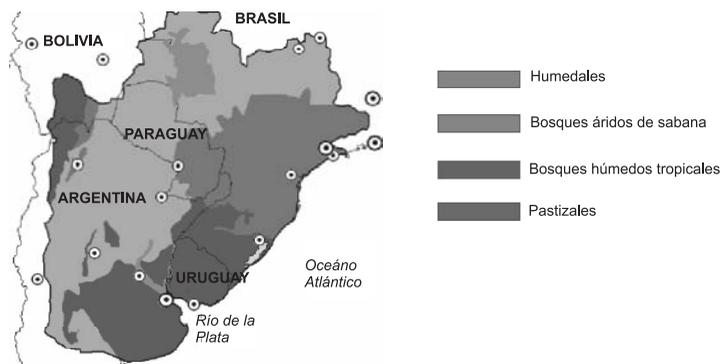
Desde una perspectiva socioeconómica, son muy importantes los componentes bajo el estado líquido que exporta un área o cuenca delimitada, constituido por la recarga de los acuíferos, y el volumen de agua canalizada a los cursos superficiales, también denominado rendimiento hídrico de una cuenca, compuesto por la escorrentía y cierta fracción de las aguas subterráneas que eventualmente aflora posteriormente y alimenta los flujos de base de los cursos de agua.

³ Una variante característica de algunas grandes llanuras con pendientes muy reducidas, es el desplazamiento de grandes volúmenes de agua ocupando extensas superficies; a este tipo de inundaciones se los denomina “mantos”.

Recuadro 1. El bioma de pradera⁴

Uruguay forma parte de los pastizales⁵ del Río de la Plata, que se extienden por 70 millones de hectáreas en Uruguay, Este de Argentina entre los grados 30 y 39 de latitud Sur, y la mitad austral del Estado de Río Grande do Sul, Brasil, constituyendo una de las áreas más extendidas de praderas en el mundo. En Uruguay el 83% del territorio (13.5 mill. de ha) está cubierto por pasturas permanentes, de las cuales –en el año 2000– unas 10 mill. de ha eran campos naturales, y el saldo “pasturas mejoradas”.

Pastizales en la Cuenca del Río de la Plata⁶



Además del ecosistema de praderas, se identifican tres ecosistemas asociados que componen la biodiversidad del país: los montes o bosques naturales –en sus variantes de galería o ribereños, de quebrada, serranos, palmares–; los humedales, y los ecosistemas costeros de los ríos interiores, Río de la Plata y océano Atlántico. Los pastizales albergan el 80% de la diversidad de especies vegetales de Uruguay, y una alta riqueza de fauna asociada. Una de las características importantes de la pradera es el alto número de especies herbáceas y la diversidad de caracteres vegetativos, productividad, etc. El número de especies que la componen es de alrededor de 2000, incluyendo unas 400 gramíneas. La flora arbórea y arborecente incluye unas 260 especies, de las cuales la mitad corresponde a árboles⁷.

En la fauna asociada a nuestros grandes ecosistemas se han identificado 1200 especies de vertebrados, que se dividen en 580 especies de peces, 41 de batracios, 62 de reptiles, 404 de aves y 111 de mamíferos. En los invertebrados artrópodos se incluyen un gran número de especies de insectos, aún cuando todavía se están completando los inventarios correspondientes y de los invertebrados no artrópodos moluscos marinos, otras especies parásitas⁸.

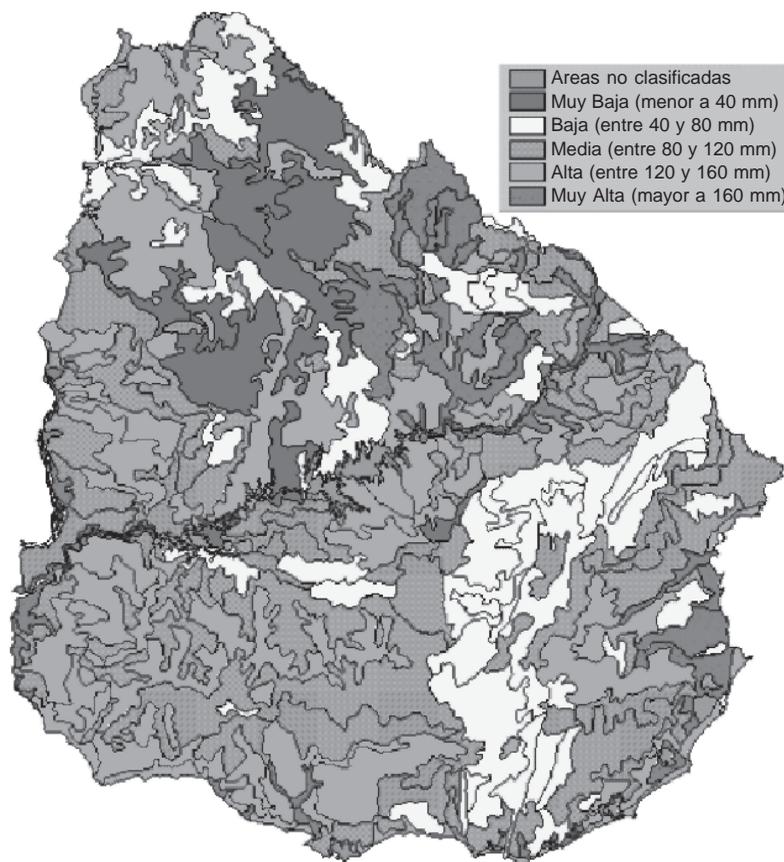
⁴ Facultad de Ciencias, (UDELAR) (2006). Síntesis de los efectos ambientales de las plantas de celulosa y del modelo forestal en Uruguay. Informe solicitado por el Consejo de la Facultad de Ciencias a un grupo de docentes. Montevideo.

⁵ También denominados campo natural, pradera.

⁶ Jobbágy, E.G. et al (2006). Land-use change in the *Río de la Plata* basin: linking biophysical and human factors to understand trends, assess impacts, and support viable strategies for the future. Propuesta de proyecto en ejecución.

⁷ Grela, I. (2005) Distribución geográfica de especies leñosas de Uruguay, y los vínculos florísticos a nivel regional. En: Seminario Compartiendo conocimientos sobre el Monte Indígena. WRM, Montevideo.

⁸ FMAM-PNUD-MVOTMA (1999). Propuesta de estrategia nacional para la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica del Uruguay. MVOTMA, Proyecto URU 96/G31, Montevideo, 111 p.

Figura 3. Agua disponible en los suelos de Uruguay

Fuente: Molfino, J.H., Califra, A. (2001). Agua disponible de las tierras del Uruguay (2da. Aproximación). MGAP, División Suelos y Aguas.

Las raíces absorben el agua almacenada en el suelo que necesitan las plantas para el desarrollo de su metabolismo. Posteriormente, por la vía de los estomas de las hojas, un cierto volumen de agua retorna a la atmósfera bajo la forma de vapor. A la emisión de vapor de agua que realiza la vegetación, más todos los componentes que se evaporan del sistema –incluyendo la interceptación–, se los agrupa como la **evapotranspiración**. El volumen de este flujo dependerá, por una parte, de las condiciones del clima –temperatura, humedad del aire, vientos, radiación– que definen la evapotranspiración potencial, como una superficie de agua libre. Habitualmente se la mide con los llamados tanques “A”; en promedios anuales es de 800 mm. en la zona Sur del país,

y se eleva a 1000 en el extremo Norte de Bella Unión. Por otra parte, la evapotranspiración real, además de las anteriores, estará determinada por las características y condiciones de la vegetación, y del agua disponible en el suelo para las plantas.

Los distintos componentes del ciclo hídrico se analizan habitualmente en el marco de un balance hídrico, contrastando entradas, salidas y saldos de un sistema determinado. Se puede realizar el balance en diferentes dimensiones: temporales (anual, estacional, mensual, diario), geográficas (microcuenca, cuenca, curso de agua), para actividades productivas (ciclo de un cultivo), etc.

Una unidad de análisis habitual en relación al ciclo hidrológico se refiere a las cuencas, como aquellas unidades territoriales delimitadas cuyos drenajes escurren a un curso de agua; se utilizan con diversas escalas de agregación. Generalmente se distinguen las zonas altas, medias y bajas de una cuenca. Esta categoría es particularmente adecuada para considerar el impacto de las plantaciones forestales en el ciclo hidrológico, ya que las mismas se concentran en algunas de estas unidades. En Uruguay se identifican 6 grandes cuencas: Río Uruguay, Río Negro, Río de la Plata, Río Santa Lucía, Océano Atlántico, y Laguna Merín. La cuenca del Río Negro es la más importante en términos territoriales, abarcando el 39% del país. A su vez, las 6 grandes cuencas se subdividen en 11 subcuencas, comprendiendo los principales ríos interiores, y en 50 distritos de manejo y conservación de suelos y aguas (Figura 4 y Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales cuencas hidrológicas

Cuenca	Area (km ²)	Porcentaje
Río Uruguay	45.471	25,8
Río Negro	68.166	38,6
Río de la Plata	12.090	6,9
Río Santa Lucía	13.493	7,6
Océano Atlántico	8.537	4,8
Laguna Merín	28.750	16,3
Total	176.507	100

Fuente: MVOTMA/MGAP (2005). Plan Nacional de lucha contra la desertificación y la sequía.

C. El ciclo hidrológico en la pradera

Las precipitaciones en Uruguay son muy variables en distintas dimensiones, como se señaló, y periódicamente suceden eventos extremos –sequías e inundaciones– que han pautado la historia nacional. Como promedio en las condiciones actuales se puede utilizar un valor de 1300 milímetros (mm) anuales de lluvia⁹, lo que significa que cada metro cuadrado y cada hectárea reciben anualmente 1.300 litros y 13.000 metros cúbicos, respectivamente (en el Anexo 1 se presentan datos históricos y territoriales para señalar la variabilidad de los datos medios).

Son reducidas las estimaciones del destino final del componente de infiltración, en relación a cuánto es almacenado y luego consumido por la vegetación de la pradera en su ciclo anual (uso consuntivo), y que volumen promedialmente se infiltra hacia las capas profundas y recarga las aguas subterráneas.

Existen diversas estimaciones de la escorrentía en cobertura de campo natural. Generalmente se utiliza un coeficiente (C) que resulta del cociente entre el volumen de la escorrentía y de las precipitaciones (también se expresan como porcentaje). En el Cuadro 2 se presentan datos de la Cátedra de Hidrología de la Facultad de Agronomía para la vegetación de pradera, en dos tipos de suelos –uno arenoso y otro franco arcilloso– y dos tipos de pendientes –relieve fuertemente ondulado y suavemente ondulado– donde la escorrentía varía entre un mínimo del 36% y el 49% de las precipitaciones, señalando la importancia de este componente.

Cuadro 2. Relaciones lluvia escurrimiento (Valores del coeficiente C)

Vegetación	Suelo arenoso		Suelo franco arcilloso	
	Fuertemente ondulado	Suavemente ondulado	Fuertemente ondulado	Suavemente ondulado
Forestal	0,21	0,18	0,25	0,21
Pastura	0,42	0,36	0,49	0,42
Cultivo	0,72	0,6	0,84	0,7

Fuente: *Curso de Hidrología y Drenaje. Cátedra de Hidrología, Facultad de Agronomía (UDELAR).*

Dilandro y Bazzani (1999), analizando tres microcuencas representativas en cuanto a sus características fisiográficas, bajo un uso de la tierra pastoril extensivo sobre campo natural, muestran las características diferenciales de los suelos en cuanto al almacenamiento de agua en el suelo y el agua

⁹ Chao, R.; De Macedo, E.; Batista, L.; Torres, R. (2006). El agua en Uruguay. *ARROZ*, Año XII, N° 48.

disponible para las plantas, tanto de una misma cuenca, como entre cuencas diferentes. En el Cuadro 3 se muestran los datos básicos para dos cuencas, una en Artigas y otra en Treinta Tres. Se establecen las diferentes unidades, la capacidad de campo de cada suelo, el coeficiente de marchitez permanente, el agua disponible para las plantas, y la velocidad de infiltración.

En el monitoreo del comportamiento hídrico de las tres cuencas llegan a las siguientes conclusiones: “Los coeficientes de escurrimiento obtenidos para cada cuenca fueron distintos según se analicen por período o globalmente. Tomados de manera global el mayor valor correspondió a la cuenca de Cañada Honda (0.39)¹⁰ (Salto), seguido por Los Chanchos (0.25) (Treinta y Tres) y Cañada Santa Ana (0.02) (Paysandú). Los coeficientes de escurrimiento para las unidades de suelos superficiales de basalto fue de aproximadamente 0.34¹¹”. Estos mismos autores aportan información sobre el componente de infiltración: “El drenaje interno de los suelos determinó las pérdidas en profundidad en forma diferencial en las tres cuencas. Siendo mayores en la cuenca de Cañada Santa Ana (-20%) seguida por Cañada Honda (-10%) y en Los Chanchos (+3%).

Cuadro 3. Agua en el suelo en dos microcuencas

UNIDAD	AGUA DISPONIBLE EN LOS 60 CM. (mm)	CAPACIDAD DE CAMPO (mm)	C.M.P. (mm)	VELOCIDAD DE INFILTRACION cm/hora
CUENCA: LOS CHANCHOS – TREINTA Y TRES				
1	98.51	215.13	116.62	0.2
2	97.83	203.61	105.78	0.5
3	104.21	212.55	108.34	0.6
4	105.14	216.24	111.10	0.3
5	110.37	208.28	97.91	0.75
CUENCA: CAÑADA HONDA - ARTIGAS				
1	111.93	305.09	193.16	S/D
2	107.57	268.32	160.75	2.84
3	84.73	168.45	83.72	2.3
4	27.84	50.8	22.96	2.41

Fuente: Di Landro y Bazzani, ob.cit. C.M.P.: coeficiente de marchitez permanente. El agua disponible es la diferencia entre la Capacidad de Campo y el CMP.

¹⁰ Si se expresa en porcentaje es 39%.

¹¹ Di Landro, E.; Bazzani, A. (1999) Evaluación del uso de la tierra en cuencas hidrográficas. Trabajo presentado al II Encuentro de las Aguas. Foro Interamericano de Gestión de Recursos Hídricos. IICA/MGAP/UNESCO. Montevideo.

En un trabajo de técnicos vinculados a la Asociación de Cultivadores de Arroz, y con datos de la Dirección Nacional de Hidrografía (DNH, MTOP)¹², se hace una estimación del escurrimiento en cauces superficiales a partir de la información del Banco de Datos Hidrológicos de la DNH, utilizando el promedio anual de todas las cuencas aforadas en el país. Se llega a la cifra de 510 mm, significando que en promedio en el año escurre –medido en los cauces superficiales– el 40% del agua que precipita (1300 mm). Hay variaciones regionales importantes, entre 230 y 720 mm, y también según la época del año: en los meses de diciembre a marzo el promedio se reduce a unos 100 mm. En volúmenes totales, la precipitación agrega en el territorio nacional 236.375 millones de m³ (Mm³), y el escurrimiento da cuenta de 90.550 Mm³.

El Cuadro 4 muestra el uso humano del agua escurrida en el territorio; en total estos usos dan cuenta de la cuarta parte del total de los escurrimientos. El uso principal (82%) corresponde a la generación de energía eléctrica, le sigue el riego (16%), el abastecimiento humano (2%), y el uso industrial (menos de 1%).

Cuadro 4. Uso del agua de escurrimiento

Uso del agua	Volumen (Mm ³)	Porcentaje
Generación eléctrica	17.724	82
Abastecimiento humano	368	2
Riego	3.392	16
Industria y otros	87	...
TOTAL	25.571	100

Fuente: Dirección Nacional de Hidrografía (2006). Inventario de Aprovechamiento de Recursos Hídricos. Citado en: Chao et al., ob. cit. (Mm³): millones de metros cúbicos.

¹² Chao et al., ob.cit.

EL AGUA EN LAS PLANTACIONES FORESTALES

A. Modificaciones en el ciclo hidrológico en relación al bioma de pasturas

Las plantaciones forestales que se están realizando en Uruguay, de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*, constituyen cultivos comerciales realizados por el hombre, monoespecíficos, donde el bioma original de pradera es parcial o totalmente destruido y desplazado por el nuevo uso de la tierra. Durante el primer decenio de vigencia del plan forestal, el método habitual de plantación consistía en el laboreo convencional de la tierra con equipos mecánicos. Posteriormente, se generalizó el uso de herbicidas con el producto activo glifosfato. Ambos métodos, se aplican en franjas coincidiendo con las hileras de plantación, o a la totalidad de la superficie de la plantación. La densidad de plantación es del orden de 1000 a 1300 plantas por hectárea.

Las características que adquirió el proyecto forestal, resultó en la plantación de grandes macizos de una especie, que eliminaron el sistema natural en áreas muy significativas de las cuencas altas de las vías de drenaje. El 64% de las plantaciones están en macizos mayores a las 2.000 ha (33% entre 2.000 a 5.000 ha, y 31% en parches mayores a 10.000 ha)¹³.

Esta plantación artificial, tiene por lo tanto una biología completamente diferente al campo natural original, como se infiere observando una plantación de eucaliptus o un campo natural. La masa de follaje sobre la tierra, el sistema radicular, la tasa de crecimiento, las comunidades de especies vegetales y animales que integran el agrosistema, el consumo de nutrientes, las relaciones e intercambios con la atmósfera, los ciclos de nutrientes, de energía, de carbono, de agua.

Por lo tanto, es previsible que existieran modificaciones significativas en el ciclo hidrológico de las plantaciones forestales, en relación al evidenciado por el sistema de la pradera bajo pastoreo original que la plantación estaba sustituyendo. Las hipótesis y conocimientos previos señalaban que era de esperar en las plantaciones forestales los siguientes cambios, en relación a la situación previa:

- a) un incremento del componente de intercepción de las precipitaciones; la notable mayor masa vegetal de las plantaciones retendría sobre la misma un mayor volumen de las lluvias que no llegaría al suelo, y que luego retornaría por evaporación a la atmósfera; por lo tanto, la precipitación efectiva, que llega al suelo sería menor;

¹³ Sarli, V. (2004). Impacto del cambio en el uso del suelo sobre el funcionamiento ecosistémico. Departamentos de Paysandú y Río Negro. Tesis de Maestría, Programa Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, UDELAR; citado en: Facultad de Ciencias, (2006), ob. cit.

- b) una disminución del componente escorrentía, por la mayor capacidad de la superficie –con abundancia de residuos de la vegetación forestal– de absorber agua e introducirla en el perfil del suelo; por lo tanto un mayor componente proporcional o absoluto de infiltración;
- c) un mayor consumo de agua por la masa vegetal, que i) permita expresar la productividad primaria diferencial entre los dos sistemas vegetales. Los campos naturales de Uruguay producen de 3 a 5 toneladas de materia seca, por hectárea y año; las plantaciones forestales de 15 a 20. Esta productividad primaria 4 a 5 veces mayor de las plantaciones forestales requerirá insumos acrecentados para el proceso fotosintético y ii) La plantación forestal –a diferencia de la pradera, donde el crecimiento anual es cosechado por el pastoreo– acumula el crecimiento de cada año hasta el momento del corte; por lo tanto, en una plantación de 7 a 8 años hay una masa de 150 t de biomasa viva que mantiene su metabolismo basal.

B. Las investigaciones y advertencias iniciales

Un trabajo pionero realizado en el Centro Interdisciplinario de Estudios Sobre el Desarrollo (CIEDUR), con la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República, a principios de los años noventa, revisó antecedentes nacionales e internacionales en este tema¹⁴. Se consideraron investigaciones realizadas en Australia, Sudáfrica, India, y otras realidades. Al analizar los efectos ambientales de la forestación en Uruguay con especies introducidas, en el apartado ciclo hidrológico se establecía: “Existe casi una premisa que considera al bosque como la panacea en la regulación del ciclo hidrológico. Sin embargo, lo que efectivamente está avalado por la experimentación a nivel mundial, es que la implantación de un bosque extenso, en una región donde no existía previamente, modifica el ciclo hidrológico”. Citando a Shiva y Bandyopadhyay¹⁵, agregan “...el sistema radicular superficial del eucalipto, la extracción de humedad del suelo y el posible bloqueo de la percolación, sumado a las altas tasas de evapotranspiración, pueden afectar la recarga de las fuentes de agua subterránea”. Más adelante, citando las conclusiones de un trabajo de Poore y Fries¹⁶, se señala “... 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 árboles la aumentará. (...) Los eucaliptos se plantan a menudo donde no existían árboles. Bajo estas circunstancias, la producción de agua de las cuencas se reduce y los niveles freáticos bajan. El efecto es máximo cuando los árboles son jóvenes y crecen rápidamente. (...) Dentro de un amplio rango de condiciones, los bosques de eucaliptos interceptan cerca de un

¹⁴ Perez Arrarte, C. (comp.) (1993). Desarrollo forestal y medio ambiente. CIEDUR-HEMISFERIO SUR, Montevideo, 336 p.

¹⁵ Shiva, V.; Bandyopadhyay, J. (1987). Ecological audit of *Eucalyptus* cultivation. New Delhi, Research Foundation for Science & Ecology Dehra Dun.

¹⁶ Poore, M.E.D.; Fries, C. (1987). Efectos ecológicos de los eucaliptos. FAO, Cuadernos Técnicos, Estudio FAO, Montes, N° 59. Roma.

cuarto de la precipitación, que al reevaporarse a la atmósfera no alcanza a estar disponible para recargar la humedad del suelo o los acuíferos”¹⁷.

En las conclusiones de ese capítulo, en relación al ciclo hidrológico, y al puntualizar la conveniencia de una planificación de las plantaciones, se agrega “... esta planificación debería tener en cuenta las interacciones que se producen con otros usos del suelo que en el largo plazo pueden ser socialmente rentables, y con otros recursos cuya oferta habrá de modificarse como resultado de la forestación, pudiendo ser más vitales para el país que los productos del bosque, como el caso del agua en los embalses o las napas freáticas, los que seguramente se verán comprometidos en algunas de las áreas declaradas de prioridad forestal”. “Llama la atención que la potencial reducción de caudales, no haya sido tenida en cuenta por organismos como UTE y OSE, en relación a los proyectos que promueven forestaciones masivas en las cuencas de captación de sus embalses”.

En 1996 se publica el libro *Pulping the South*¹⁸, que “aborda la experiencia mundial del proceso de globalización de las plantaciones forestales, como una pieza clave de la estrategia del mercado de la industria papelera mundial, que amenaza con extenderse aún más hacia la mayoría de los países del llamado Sur”. En la sección impactos sobre el agua sostiene que “la confusión entre bosque nativo y cultivo forestal ha llevado a promocionar las funciones de este último como similares a las del bosque en lo referente al mantenimiento del ciclo hidrológico. Más aún, se ha llegado a afirmar que las plantaciones de árboles en ecosistemas de pradera ¿mejoran el medio ambiente?, puesto que ayudan a regular el ciclo hidrológico (JICA 1987)¹⁹. Estas afirmaciones no resultan sostenibles”. Al analizar los cambios generados por las plantaciones forestales en el ciclo hidrológico, se señala: “...seguramente una plantación introducirá cambios en el régimen hídrico. El tipo y grado de los cambios van a depender no solo de la especie plantada y el manejo a que es sometida, sino que también influirá el clima local (volumen de agua caída, periodicidad, ocurrencia de sequías, temperatura, viento), la topografía y el tipo de suelo”. En particular, se modificarán las siguientes relaciones:

“a) la relación entre el agua interceptada por el follaje y el agua caída al suelo ... b) la relación entre escurrimiento superficial e infiltración ... c) la relación entre evapotranspiración e infiltración a la napa subterránea ... La tasa de crecimiento de los árboles está en relación directa con su consumo de agua”. Y se citan una serie de impactos y se ejemplifican con casos de diversas partes del mundo:

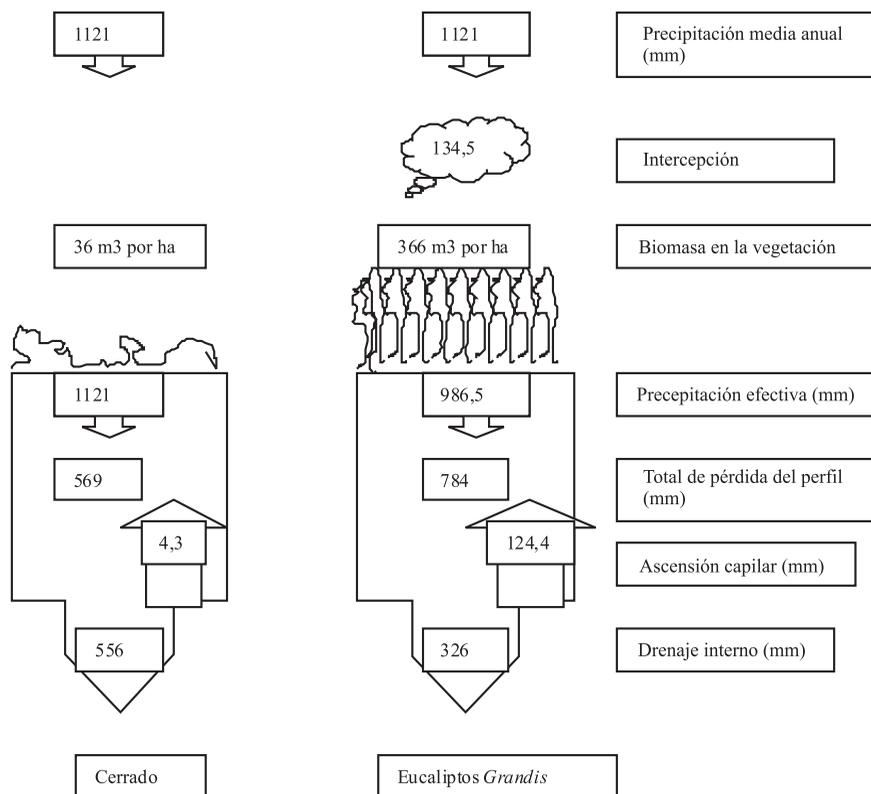
¹⁷ Gutiérrez, M.O.; Caffera, R.; Céspedes, C.; González, A.; Panario, D. (1993). Hacia una evaluación de efectos ambientales de la forestación en Uruguay con especies introducidas. En: Perez Arrarte, ob. cit., capítulo 4, 50 p.

¹⁸ Carrere, R.; Lohmann, L. (1996). *Pulping the South*. Zed Books y World Rainforest Movement. 282 p. Hay una edición en castellano, *El papel del Sur*. Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio e Instituto del Tercer Mundo.

¹⁹ Esta apología de las plantaciones forestales como mejoradoras del medio ambiente nativo se vuelve a repetir 20 años después de la misma forma, en los trabajos realizados por consultoras internacionales contratadas por la Corporación Financiera Internacional (Banco Mundial) al realizar la evaluación de impacto ambiental de los proyectos para la instalación de 2 plantas de celulosa en Fray Bentos, Uruguay.

- “Menor disponibilidad de agua para otras producciones agropecuarias y actividades industriales. (...)
- Problemas de abastecimiento de agua para sistemas de generación de energía hidroeléctrica. (...)
- Discontinuidad en el caudal de los cursos de agua en los períodos de baja. (...)
- Agravamiento de las sequías. (...)
- Desabastecimiento de agua a comunidades locales y centros urbanos. (...)
- Modificación o destrucción de otros ecosistemas naturales, tales como humedales”. (...)

Figura 5. Representación esquemática de los componentes del balance hídrico del suelo, en una plantación de Eucalipto *Grandis* de cinco años de edad, comparado con la vegetación natural del Cerrado. Estado Minas Gerais, Brasil



Fuente: Lima 1993, ob. Cit.

²⁰ Lima de Paula, W. (1993). Impacto ambiental do eucalipto. Editora da Universidade de Sao Paulo, San Pablo, 301 p.

En 1997 el consultor Walter de Paula Lima, de la Universidad de San Pablo, realizó un trabajo para el Gobierno sobre los impactos ambientales de la forestación²⁰. En su trabajo reunió información mostrando las modificaciones producidas en el ciclo hidrológico por las plantaciones forestales, en relación a la vegetación previa. En la Figura 5 se presenta una visión esquemática del balance hídrico del suelo en plantaciones de *Eucalyptus grandis*, de cinco años de edad, en comparación con la vegetación natural del cerrado, en una región del Estado de Minas Gerais con lluvias de 1100 mm. Se observa que el drenaje interno se reduce con la instalación de plantaciones en el ecosistema del cerrado un 41%, y el total de pérdida de agua del perfil –que corresponde al uso consuntivo anual de la plantación y la evaporación desde el suelo, se incrementó con la plantación un 38%. Nótese que en este ambiente no se produce escorrentía sobre el nivel del suelo.

También su trabajo presentó información de resultados experimentales realizados en Sudáfrica, en ambientes con vegetación de sabana y similares, sobre el efecto de plantaciones de diferentes edades en la disminución de la escorrentía. Los datos señalan una disminución de la escorrentía en las plantaciones en relación a la vegetación original en un rango de 176 a 371 mm. Esta información la corroboró en una entrevista radial. Al ser interrogado sobre los impactos de las plantaciones de eucaliptos y pinos en los recursos hídricos respondió: “¿cuánto de agua consumen? En primer lugar tenemos que tener en cuenta la disponibilidad en términos de precipitación; diría que no se debería plantar, hacer forestaciones cuando la precipitación anual es menor a 1000 mm anuales (...) cuando se hace forestación, una forestación donde había praderas –en términos de balance hídrico– va a significar una disminución de más o menos 200 a 250 mm menos de agua, que no va a escurrir para los arroyos y lo demás” ... “es seguro, van a crecer más, van a producir más biomasa, pero van a consumir más agua”²¹.

En 1999 el consultor Thomas F. Geary, realizó otro informe sobre el impacto ambiental de la forestación en Uruguay²², incluyendo una amplia revisión de antecedentes de investigación, y también incluyó observaciones personales en el terreno: “...Además de la evidencia de estudios llevados a cabo en otros países, yo observé una serie de fotos aéreas de tierras plantadas con eucaliptos en Uruguay. Algunos lugares dentro de las áreas de la plantación eran inicialmente demasiado húmedos para ser plantados. Unos pocos años después, esas áreas estaban suficientemente secas como para ser plantadas y las lagunitas cercanas se habían secado, lo que no ocurrió con las que se encontraban más lejos”.

En las recomendaciones efectuadas, sostiene que se debe otorgar alta prioridad a la cuantificación del uso del agua y al valor económico y compensaciones del agua usada en las plantaciones. La reducción de la escorrentía y la disminución de las napas freáticas son los impactos ambientales más obvios de las plantaciones.

²¹ Elhordoy, J.A.; Lima de Paula, W.; Carrere, R. (1997). Reportaje realizado en la radio Nuevo Tiempo, Programa Agroeconomía, 19/04/97. Desgrabación.

²² Geary, T.F. (1999). Impacto ambiental de la forestación en Uruguay. Informe de Consultoría, Programa Partners de las Américas-AID. Montevideo, 13 p.

Señala finalmente que “en los estudios de cuenca, el uso del agua tendió a ser proporcional a factores asociados con el crecimiento vigoroso: superficie de hojas y volumen de albura por unidad de superficie de tierra, y profundidad de las raíces. El uso del agua es el precio de producir madera. El Reino Unido reconoce este hecho en relación a los embalses. Para cuencas que alimentan embalses de suministro de agua, el valor del agua perdida debido a la forestación es mayor que el beneficio económico que produce la explotación forestal.”

C. Avances en la investigación nacional del ciclo hidrológico en las plantaciones forestales

Hacia finales de la década de los noventa se inician en el país algunos proyectos de investigación del ciclo hidrológico en las plantaciones forestales, que comienzan a aportar información local original. Las Facultades de Agronomía e Ingeniería de la Universidad de la República iniciaron en 1999 la ejecución del “Proyecto de instalación de microcuencas experimentales para el estudio del impacto ambiental y monitoreo de programas de forestación con eucaliptos en el Uruguay”, encomendados por la Dirección Forestal del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca^{23,24}. La metodología consistió en el monitoreo hidrológico de pares de microcuencas similares en sus características de suelo, relieve, orientación, de superficies de 70 a 100 ha cada una, con vegetación original de la pradera y uso ganadero, y con plantaciones forestales, respectivamente. Las microcuencas instrumentadas se ubican en la zona centro-norte del país, departamento de Tacuarembó. Los suelos dominantes están constituidos por Luvisoles y Acrisoles Ocricos e Inceptisoles, las pendientes son del 9 al 11%, las plantaciones forestales eran de eucaliptos *grandis*. Los resultados muestran en dos años de monitoreo, que la escorrentía en la microcuenca forestal se redujo en un 64% en relación al campo natural (luego el trabajo fue discontinuado).

En otro monitoreo relacionado, se utilizó una metodología adecuada a una macrocuenca^{25,26}. Se utilizó información histórica disponible en el país, registros de precipitación y caudales observados en la red pluviométrica e hidrométrica, y datos de la evolución de las plantaciones forestales en esa región. La macrocuenca estudiada tenía una superficie de 209.700 ha, con una superficie cubierta por plantaciones forestales de pinos y eucaliptos que abarcaban 54.000 ha (26%), una pendiente media de 1,3%, y una longitud del cauce principal de 94 km en el río Tacuarembó, estando limitada hacia parte inferior por el Paso Manuel Díaz en el kilómetro 480 de la Ruta 5. Los

²³ Silveira, L.; Alonso, J.; Martínez, L.(2004). Efecto de las plantaciones forestales sobre los recursos hídricos. Comparación de estudios en microcuencas y macrocuencas del Uruguay. XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San Pedro, Brasil, octubre 2004. 9 p.

²⁴ Durán, P.; Silveira, L.; Anido, C.; Martínez, L.; Chamorro, A.; González, J.C.; Zanetti, E.; Alonso, J.; Hayashi, R. (2001). Estudio de Monitoreo Ambiental de Plantaciones Forestales en el Uruguay. Parte A, Hidrología. Informe Final. Universidad de la República.

²⁵ Silveira, L.; Alonso, J.; Martínez, L.; ob. cit.

²⁶ Silveira, L.; Alonso, J. (2004). Modificación de los coeficientes de escorrentía producto del desarrollo forestal en una macrocuenca del Uruguay. XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San Pedro, Brasil, octubre 2004. 10 p.

suelos predominantes eran Luvisoles y Acrisoles Ocrícos. Esta cuenca presenta un marcado interés puesto que su cauce principal –el río Tacuarembó– es uno de los principales afluentes del Río Negro, que a su vez genera aproximadamente el 50% de la energía hidroeléctrica del país.

El período en estudio se dividió de en etapas:

1975-1993, se consideró como sin intervención (denominado período “preforestación”);

1994-2002, se observa el mayor aumento de forestación (período “postforestación”). La metodología de análisis tuvo dos variantes:

- a) Se analizó la relación precipitación-caudal del río en la macrocuenca, mediante la determinación de coeficientes de escorrentía asociados a la precipitación acumulada, distinguiendo entre comportamiento anual y estacional. Los resultados indican que los coeficientes de escorrentía anuales tienden a disminuir entre un 20 a 22,5%, dependiendo de la precipitación anual. A nivel estacional, la escorrentía disminuye variando de 27,5 a 34%, en la estación octubre-marzo, y 17,5 a 21,5% en la estación abril-setiembre.
- b) Se midió el efecto de las plantaciones sobre hidrogramas de tormentas (volúmenes de escorrentía y caudales máximos) en base a la comparación de eventos. Se consideró la serie de caudales del río medidos en el período 1975-2002, procurando identificar parejas de eventos comparables pertenecientes a cada uno de los subperíodos –pre y post forestación. Para clasificar dos eventos como comparables se utilizaron 6 variables (por ejemplo, estacionalidad, donde se utilizaron dos aperturas, abril-setiembre y octubre-marzo). Se identificaron así 11 eventos comparables.

Se observó, comparando los eventos de las tormentas analizadas, que el escurrimiento en el período postforestación (1994-2002), disminuye promedialmente un 43% respecto al período preforestación (1975-1993), y los caudales pico se reducen un 49%. La reducción es más significativa en la estación octubre-marzo, y menor en abril-setiembre.

Otra investigación ha analizado la evolución del contenido de agua en el suelo en las plantaciones forestales²⁷. Desde el año 2001, el grupo de Manejo y Conservación de Suelos de la Facultad de Agronomía desarrolla un estudio de “Monitoreo de los efectos sobre el suelo de las plantaciones de eucaliptos y pinos, y de la intensidad de laboreo para realizarlas”. El ensayo se instaló en el departamento de Rivera, analizándose el régimen hídrico de un ultisol arenoso, en suelos con pendiente de 6 a 9%, hasta una profundidad de 1,2 m, en una plantación de *Eucalyptus grandis* plantada en 1998. Se utilizó una metodología comparativa, con 3 pares de lugares con la vegetación previa y con la nueva plantación forestal; se presenta la información desde el verano de 2001 hasta el otoño de 2003.

²⁷ Salvo, L.; Delgado S.; García Préchac, F.; Hernández, J.; Amarante, P., Hill, M. (2004). Régimen hídrico de un Ultisol arenoso del noreste del Uruguay bajo plantaciones de *Eucalyptus grandis* vs Pasturas. En: Seminario MGAP, 30/06/04.

Los resultados muestran que el suelo bajo eucaliptos siempre presentó menor contenido de agua que bajo pasturas, siendo las diferencias estadísticamente significativas para la mayoría de las estaciones estudiadas. A los autores les llama la atención que aun en invierno se presente esa diferencia, e hipotetizan que eso podría explicarse por las curvas características de retención de agua; en éstas se observa que el suelo bajo eucaliptos retiene menos agua a capacidad de campo, lo que sería explicado por diferencias en la distribución del tamaño de los poros del suelo y a la hidrofobicidad (*water repellency*) observable en suelos bajo este forestal. En las conclusiones sostienen que “menor retención de agua en el suelo y menor escurrimiento superficial significarían mayor drenaje profundo y recarga de acuíferos en el período invernal bajo eucaliptos”.

Un técnico en hidrología al realizar un resumen y balance de los trabajos realizados en el ámbito de la Universidad de la República en este período, concluye que “los resultados señalan en forma notoria y significativa que la forestación frente al campo natural reduce los coeficientes de escurrimiento (porcentaje de la lluvia que escurre a los cauces superficiales), tanto en los valores anuales y estacionales, como con mayor notoriedad en los valores extremos durante las tormentas. Por lo cual el porcentaje de lluvia que infiltra al suelo es mayor con árboles plantados que en el campo natural. El destino de esa mayor cantidad de agua que ingresa al suelo no se identificó con precisión; no obstante las mediciones de agua en el perfil del suelo revelan unas tendencias notorias. Los suelos con árboles presentaron durante todo el año un menor contenido de agua que bajo pradera natural, a pesar de haber recibido mucho más agua de infiltración. Los datos recogidos de agua en el suelo, estarían indicando que durante el verano la forestación evapotranspira más agua, y durante el invierno la percolación hacia el subsuelo es mayor. No se verificó (sin embargo) un aumento de los valores de estiaje en las cuencas forestadas, que podría producirse por la mayor descarga a los cursos de agua superficiales generada por el aumento de agua percolada al subsuelo”. (...) “Se podrían inferir algunos efectos de la forestación en las napas subterráneas de poca profundidad, 3 a 10 m. Estas se nutren y son muy dependientes de la lluvia e infiltración local, teniendo una baja capacidad de almacenamiento y regulación, por lo cual son muy afectadas por la variación estacional del tiempo. Esto se observa en nuestro campo con lo que ocurre en las zonas bajas y en los pozos cavados o de brocal (6 a 15 m de profundidad) cuando ocurren sequías. La presencia de una masa forestal generaría un efecto similar sobre estas napas superficiales al aumentar el consumo en verano extrayendo el agua de varios metros de profundidad del suelo y subsuelo, favoreciendo la percolación profunda en detrimento de los escurrimientos subsuperficiales durante el invierno²⁸”.

En el año 2000 la empresa COLONVADE resolvió iniciar un proyecto de investigación sobre el “Impacto de las plantaciones forestales en los recursos hídricos”, con apoyo de la Universidad de Carolina del Norte, Estados Unidos²⁹ y el INIA. El ensayo se implantó en campos de la empresa en la cuenca superior del río Tacuarembó, con un diseño de dos microcuencas apareadas,

²⁸ Estol, E. Efecto de la forestación en el escurrimiento. En: Seminario MGAP, 30/06/04, Montevideo, 3 p.

²⁹ www.bae.ncsu.edu/soil_water/projects_uruguay.htm

una mantenida con campo natural y en la segunda se realizó una plantación de pinos (*Pinus taeda*); la superficie de las cuencas es de 69 y 108 ha. Los suelos de la localidad son predominantemente de texturas livianas –franco arenosa y franco arcillo arenoso– y profundos, el relieve es ondulado con pendientes del 5 al 10%. El ensayo se inició en julio 2000 y se recolectaron datos hidrológicos en las dos cuencas hasta el 2003; en julio 2003 se plantaron los pinos en la cuenca “con tratamiento”, y la otra continuó utilizándose con ganadería. Los pinos cubrieron el 57% de la cuenca plantada con pinos, el saldo se mantuvo en campo natural (bordes de drenajes, caminos, etc.).

Como parte de esa investigación, en abril 2005 se presentó una tesis de maestría realizada en el programa Biological and Agricultural Engineering de esa Universidad³⁰, con el propósito de ajustar un modelo (SWAT), y simular la hidrología de las dos pequeñas cuencas experimentales, complementando un trabajo de largo aliento de investigación que está evaluando los efectos producidos por la conversión de pasturas a plantaciones forestales en la hidrología y la calidad del agua.

En la tesis se realiza una revisión actualizada del tema en la bibliografía internacional, donde extraemos algunos puntos significativos. En la introducción a la revisión se indica: “...estudios conducidos en Australia, Nueva Zelandia, Sudáfrica, y Gran Bretaña, han mostrado que el establecimiento de plantaciones de árboles sobre pasturas originales reducen el rendimiento hídrico del paisaje, por lo tanto decreciendo el flujo de agua a los arroyos y ríos tributarios. El rendimiento hídrico reducido es de particular preocupación durante los períodos de flujos reducidos, cuando la falta de agua podría impactar negativamente los recursos acuáticos y el abastecimiento de agua”. Más adelante, “... ha sido bien establecido que la conversión de la cubierta de la tierra de pasturas a forestación resulta en una reducción en el rendimiento hídrico (citas varias); sería primariamente debido a la evapotranspiración más grande de los árboles comparados con la pradera (varias citas)”. Sudáfrica es la región donde se ha realizado el mayor volumen de experimentos en este sentido; Von Stackelberg revisa 7 experimentos donde las cuencas tienen precipitaciones y una evapotranspiración potencial similar a Uruguay, plantadas con Pinos de 16 a 20 años, y concluye que la reducción media anual varía de un mínimo de 32 a 58%, y el flujo en la estación más seca se reduce de un 29 a un 71%.

A partir de su modelo de simulación, y con resultados que son todavía muy primarios, concluye que una estimación de la disminución del rendimiento hídrico provocada por las plantaciones con pinos en suelos de la cuenca del río Tacuarembó será del orden del 30%, más-menos 5%.

³⁰ Von Stackelberg, N. (2005). Simulation of the hidrologic effects of afforestation in the Tacuarembó River Basin, Uruguay. NCSU, Tesis para obtención de Maestría. www.bae.ncsu.edu/soil_water/projects_uruguay.htm

Comentario de los resultados de la investigación nacional reciente

Un balance somero de los trabajos de investigación de campo realizados en Uruguay a partir del año 1999 y reseñados en el punto anterior, permite señalar:

- a) Notablemente, no mencionan ni consideran la notable diferencia entre la vegetación nativa del bioma de pradera y una plantación forestal moderna, y tratan el problema como un análisis entre dos cultivos convencionales, hecho particularmente llamativo en los trabajos originados en la Facultad de Agronomía (UDELAR). De esta forma, no se considera:
 - i. la importancia del componente de intercepción en una plantación forestal, en relación al campo natural original. En una plantación forestal de 5 años puede haber normalmente 100 t de materia seca sobre el suelo, versus 2-3 en un campo natural bajo pastoreo. Los datos de Lima (1993)³¹, muestran que en condiciones de la vegetación de *cerrado* en Minas Gerais y en plantaciones de *Eucalyptus grandis* este componente es equivalente a 135 mm. Poore y Fries, por su parte, habían señalado “Dentro de un amplio rango de condiciones, los bosques de eucaliptos interceptan cerca de un cuarto de la precipitación, que al reevaporarse a la atmósfera no alcanza a estar disponible para recargar la humedad del suelo o los acuíferos”³². Al no considerar el componente de intercepción adecuadamente en los nuevos trabajos realizados en Uruguay, se realiza posiblemente un análisis erróneo: se interpreta que la menor escorrentía se traduciría en un mayor drenaje profundo debajo de las plantaciones, cuando en la realidad la mayor parte de la reducción observada nunca tocó el suelo.
 - ii. el consumo (uso consuntivo) de agua de la plantación forestal derivado de su notable productividad y de la acumulación de biomasa que ocurre hasta el momento del turno de cosecha, en comparación a la del campo natural. Para cumplir el nivel de síntesis primaria en las plantaciones forestales, la evapotranspiración real (el consumo de agua por los árboles) es mucho más elevada que el campo natural, –presumiblemente todos los meses del año, y no solo en el verano como hipotetizan los investigadores.
- b) Se hacen permanentes referencias a procesos descriptos para los montes nativos resultado de la evolución natural, en particular a sus valores regulativos del ciclo hídrico, homologando las plantaciones forestales a los mismos, cuando constituyen sistemas biológicos completamente diferentes.

³¹ Lima de Paula, W. (1993). Impacto ambiental do eucalipto. Editora da Universidade de Sao Paulo, San Pablo, 301 p.

³² Poore y Fries, ob.cit.

D. Nuevas evidencias de las modificaciones derivadas de las plantaciones forestales

A partir de 2005 se difundieron un conjunto de resultados con avances en el conocimiento de la ecología de las forestaciones establecidas sobre pastizales, a partir de investigaciones desarrolladas por un equipo de investigadores de Argentina, Uruguay y Estados Unidos, realizadas durante los últimos seis años³³. En un trabajo de 2006 se sintetiza el estado del arte en esta materia³⁴. Se señalan tres aspectos centrales de los cambios en el funcionamiento de los pastizales tras ser forestados que incluyen (1) la producción de biomasa y acumulación de carbono, (2) la utilización de agua y los impactos hidrológicos, y (3) la utilización de nutrientes y su influencia sobre la fertilidad de los suelos:

“(1) La productividad primaria (ganancia de carbono o tasa de crecimiento) es mayor en las plantaciones forestales que en el campo natural y también la acumulación de biomasa. Los impactos de las forestaciones en la acumulación de carbono en la materia orgánica del suelo son aún inciertos. (2) La mayor productividad va acompañada por un mayor uso del agua por parte de los árboles, aumentando la cantidad de agua evaporada y disminuyendo el rendimiento hidrológico. Las disminuciones en el caudal de escorrentía serían cercanas al 50% mientras que la evidencias son aún inciertas acerca de la recarga de los acuíferos.” (3) “Las plantaciones forestales acidifican el suelo y el agua de los arroyos de las cuencas que ocupan, principalmente debido a una elevada acumulación de cationes (Calcio y Magnesio principalmente) en la biomasa arbórea. La magnitud del impacto de estos cambios sobre la acumulación de Aluminio en el suelo y agua es aún incierta pero merece atención. (4) En situaciones en las que el agua freática se encuentra cercana a la superficie, los árboles pueden aprovecharla y al hacerlo salinizar suelos y napas. Este fenómeno se verificaría en áreas con sedimentos de texturas medias (p. ej. materiales loessicos) pero no en áreas de dunas o sedimentos muy arcillosos”.

Se utilizaron diversas aproximaciones metodológicas para analizar las modificaciones en el ciclo hídrico. Una de ellas consistió en el análisis de cuencas apareadas de forestación (principalmente pinos y eucaliptos) y controles bajo vegetación natural. “En los 26 pares analizados, que

³³ Kathleen, A.; Farley, W.; Jobbágy, E.G.; Jackson, R.B. (2005). Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology* (2005) 11, 1565–1576.
 Jobbágy, E.; Paruelo J.; Piñeiro, G.; Piñeiro D.; Carámbula, M.; Morena, V.; Sarli, V.; Altesor, A. (2005). Climate and Land-Use Controls on Ecosystem Functioning: Challenges and Insights from the South. Programa de Pequeños Subsidios del IAI (SGP). Reporte Anual 2003-2004.
 Jackson, R.B.; Jobbágy, E. G. ; Avissar, R.; Baidya Roy, S.; Barrett, D.J.; Cook, C.W.; Farley, K.A.; Le Maitre, D.C.; McCarl, W.A.; Murray, B.C. (2005). Trading Water for Carbon with Biological Carbon Sequestration. *SCIENCE*, 23 DECEMBER 2005, VOL 310.
 Noretto, M.D.; Jobbágy, E. G.; Paruelo, J.M.; (2005). Land-use change and water losses: the case of grassland afforestation across a soil textural gradient in central Argentina. *Global Change Biology* (2005) 11, 1101–1117
 Engel, V.; Jobbágy, E.G.; Stieglitz, M.; Williams, M.; Jackson, R.B.; (2005). Hydrological consequences of Eucalyptus afforestation in the Argentine Pampas. *WATER RESOURCES RESEARCH*, VOL. 41, 2005.
³⁴ Jobbágy, E.G.; Vasallo, M.; Farley, K. A.; Piñeiro, G.; Garbulsky, M.F.; Noretto, M. D.; Jackson, R.B.; Paruelo, J.M. (2006). Forestación en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. *AGROCIENCIA*, vol. XI, (en prensa).

abarcaron cuatro continentes e incluyeron 504 observaciones de caudal anual se observó que en promedio la forestación de pastizales y arbustales redujo los valores absolutos de rendimiento hidrológico en un 39 % (167 mm/año), (...) Los impactos de la forestación sobre el caudal fueron más fuertes, en términos de merma relativa, bajo climas más secos. Esto se debe a que en estas zonas la fracción de la lluvia que alcanza los arroyos es de por sí baja y por lo tanto pequeños aumentos en la evapotranspiración puede causar fuertes cambios en el rendimiento hidrológico (Zhang et al. 2001, Farley et al. 2005). Es interesante notar que las reducciones de caudal fueron más importantes en plantaciones de eucaliptos que en plantaciones de pinos con caídas en el valor absoluto del rendimiento hidrológico del 50 y 30%, respectivamente. Cuando se analiza esta información considerando la proporción de los ingresos de agua de lluvia que llegan a los arroyos (fracción de rendimiento hidrológico) bajo cada par de pastizal o arbustal natural versus forestación, se observa que en muy pocos casos esta fracción se mantiene constante, siendo la reducción media de todos los pares del 15 % (porcentaje de la precipitación anual que deja de llegar a los cursos de agua). Esto implica que, en términos generales, en pastizales en los que un 30% de la precipitación se traduce en rendimiento hidrológico, la forestación reducirá los caudales a la mitad, mientras que en lugares en donde este rendimiento inicial es sólo del 15%, la reducción de caudal podría ser total. En el caso puntual de los pastizales del Río de la Plata, información preliminar basada en mediciones puntuales de caudal en cuencas apareadas en el departamento de Lavalleja (8 pares, 4 fechas) y Córdoba (4 pares, 5 fechas) sugieren reducciones del caudal cercanas al 50% tras el establecimiento de forestaciones (Piñeiro, Jobbágy, Farley & Jackson - datos no publicados).”

“Las tasas medias diarias de evapotranspiración obtenidas para plantaciones de distintas edades sugieren que en sólo dos años las forestaciones superan en su capacidad evaporativa a los pastizales y que en sólo 4-5 años al menos las duplican. Esta información indica que aun cuando una fracción significativa del área forestada de una región se encuentre en etapas tempranas de la rotación forestal (reciente implantación o rebrote), muy pronto estará evapotranspirando más que el pastizal y por lo tanto generando un rendimiento hidrológico menor que el mismo.” “Si se proyectan los resultados del análisis satelital a la escala anual, se encuentra que de los 1350 mm/año provistos por la precipitación se obtendría un rendimiento hidrológico de 720 mm/año bajo pastizal, y de 200 mm/año bajo forestación (Nosetto et al. 2005).”

Un trabajo en el año 2006 de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República, consideró los impactos de las plantaciones forestales en el ciclo hídrico³⁵. Concluyen que las plantaciones forestales reducen el rendimiento hidrológico³⁶ en aproximadamente un 70% con relación a la vegetación original.

³⁵ Panario, D.; Mazzeo, N.; Eguren, G.; Rodriguez, C.; Altesor, A.; Cayssials, R.; Achkar, M. (2006). Síntesis de los efectos ambientales de las plantas de celulosa y del modelo forestal en Uruguay. Facultad de Ciencias, Informe interno. Montevideo.

³⁶ Proporción del agua de lluvia no utilizada por la vegetación y que sale del sistema bajo el estado líquido, como la escorrentía superficial y el drenaje profundo. Este último, es el responsable de la recarga de los acuíferos superficiales y profundos, que también alimentan los arroyos y son particularmente importantes para mantener los cursos superficiales en el estiaje.

IMPLICACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LAS ALTERACIONES EN EL CICLO DEL AGUA INDUCIDAS POR LAS PLANTACIONES FORESTALES

El conjunto de trabajos disponibles y reseñados es coincidente en las significativas afectaciones que se producen en el ciclo hidrológico cuando se sustituye el bioma de pastizales por plantaciones forestales monoespecíficas. Desde la perspectiva social y económica, podemos apreciar estos cambios en forma directa o inmediata, que es lo que realizaremos a continuación, o podemos apreciar un conjunto de encadenamientos más complejos que nos muestran otros impactos sociales de mayor envergadura (“indirectos” a nuestros fines, veáse más adelante).

Interesados por una escala local y en una perspectiva de corto y mediano plazo, el punto más relevante es la reducción de los flujos líquidos de salida de agua, que son *exportados* por cada sistema considerado, y que se expresan en la reducción notable del escurrimiento de aguas superficiales y de las aguas subterráneas que alimentan las napas freáticas y parcialmente los cursos de agua superficiales (arroyos, ríos). Estos cambios son evidentes cuando se realizan balances anuales, y varían también por el efecto año, pero su importancia se agudiza cuando se consideran estacionalmente, dado la escasez relativa del recurso hídrico en los 6 meses centrados en la estación de verano.

Estas alteraciones deben ser consideradas en el marco de un territorio configurado por cuencas hídricas, en diferentes escalas de dimensiones y agregaciones, como se señaló anteriormente. La importancia de los impactos estará condicionada a las características de los suelos y el paisaje, la vegetación, los cursos de agua comprendidos en las mismas, etc., que conforman los distintos servicios ambientales que proveía originalmente el ecosistema (la cuenca), y el uso social y económico que la sociedad les estaba asignando a esos recursos en el momento de la intervención que modifica la explotación de la tierra. Y obviamente, por el grado de cobertura del área plantada con forestales en cada cuenca, que ha sido un proceso progresivo durante los últimos 20 años.

Debemos considerar que el patrón hidrológico original de las distintas regiones (cuencas) que componen el territorio ha sido un elemento fundamental en la formación del ordenamiento territorial y productivo del país, en un país caracterizado por una reducida transformación del ambiente natural. Cambios severos en este patrón hidrológico estarán asociados a modificaciones en el ordenamiento territorial y productivo que conocemos. Podemos considerar cuatro actividades de larga tradición que van a ser afectadas centralmente: por orden histórico de aparición, la ganadería, el abastecimiento de agua a los centros poblados y a la población, la generación de energía eléctrica, y el cultivo de arroz con riego.

La introducción del ganado hace 4 siglos se benefició de un abastecimiento abundante y accesible de agua proveniente de cursos superficiales y napas subterráneas subsuperficiales (3

a 15 m), que brindaron en forma muy saludable y económica el agua que requerían las haciendas y los establecimientos agropecuarios. Conjuntamente con la vegetación de la pradera, este abastecimiento de agua posibilitó una explotación extensiva muy competitiva en términos internacionales, que ha sido y es una de las bases económicas de la sociedad uruguaya. Es de esperar que en cuencas forestadas intensamente se comiencen a registrar problemas crecientes para la explotación ganadera que comparte esas cuencas con las plantaciones forestales, afectando cauces de caudales menores (cañadas y arroyos) e incluso de algunos ríos³⁷, así como napas subterráneas que abastecen pozos explotados con molinos de vientos o bombas con energías convencionales, particularmente en los meses de verano, y/o en los años más secos.

El despliegue de los centros poblados en el territorio durante el proceso histórico estuvo referido centralmente al abastecimiento de agua de su población. Existen actualmente una variedad de situaciones en relación al abastecimiento de este recurso a los centros poblados, que dependen del tamaño de los mismos, las fuentes de abastecimiento, las cuencas, etc. La importancia colonial de la ciudad-puerto Montevideo, y los procesos sociales y económicos a lo largo de la historia, definieron una región metropolitana que comprende el 65% de la población nacional. El abastecimiento de agua de ese segmento tan importante de la población depende de la cuenca del río Santa Lucía, a partir de tomas directas de su cauce en la localidad de Aguas Corrientes, y de dos embalses de reserva ubicados en cauces tributarios de ese río. El proceso de plantaciones forestales está avanzando incesantemente en la parte alta de la cuenca, en el distrito número 61: 60.000 ha forestadas se registran en el Censo Agropecuario 2000, 12% de la superficie de la subcuenca³⁸ (véase la Figura 4). Conjuntamente con otros procesos sociales, como la tala del monte natural de las riberas, la contaminación por agroquímicos provenientes de las explotaciones agropecuarias, contaminaciones provenientes de centros urbanos e industrias ubicados en la cuenca, las plantaciones amenazan el caudal y la calidad del recurso para el futuro.

La cuenca del río Negro es la más extensa en términos territoriales: 39% del país (véase la Figura 4). En el cauce del río se ubican sucesivamente tres represas y sus respectivos embalses para la generación de energía eléctrica (Central Hidroeléctrica “Dr. Gabriel Terra”, Rincón del Bonete, Central Hidroeléctrica de Baygorria, y Central Hidroeléctrica Constitución, en Palmar). Rincón del Bonete se comenzó a construir en el año 1937, y se inauguró en diciembre de 1945. Actualmente, el sistema hidroeléctrico del río Negro da cuenta de la generación de aproximadamente el 29% de la energía eléctrica total que produce el país –que se integra además con Salto Grande y usinas térmicas–, y el 40% de la energía hidroeléctrica generada. El mantenimiento del volumen de agua turbinada por las represas tiene una importancia estratégica para la economía y

³⁷ Por ejemplo, el río Yí –en la situación previa a la intensa forestación que está en curso en su cuenca– en veranos “normales” tiene caudales prácticamente nulos, cortándose el curso totalmente, por lo que no se otorgan permisos de extracción por parte de la Dirección Nacional de Hidrografía (Torres, 2006, com. pers.).

³⁸ MVOITMA-MGAP (2005). Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Ob.cit.

la sociedad nacional. Dada la tendencia mundial a costos crecientes de energía, el costo de oportunidad de cada kilovatio generado en el sistema del río Negro se incrementará permanentemente.

En 1980 se legisló limitando la captación de aguas superficiales en la cuenca del río Negro para otras actividades competitivas con la generación de energía. El Decreto N° 160/980 estableció criterios para la extracción de agua de los embalses y de los cursos afluentes que alimentan los embalses: por un procedimiento administrativo se fijó un tope máximo de extracción de agua de 20.000 l/s para tomas directas. Durante casi todo el siglo XX, la mayor competencia se establecía por el uso del agua para regar cultivos de arroz en el norte del país, básicamente en la cuenca del río Tacuarembó –uno de los principales afluentes del río Negro– y en la región de la cuenca alta del río Negro, próxima a la localidad de Vichadero, departamento de Rivera. Las superficies de cultivo han oscilado entre 15.000 a 23.000 ha anuales (10 a 15% del área total) El cultivo de arroz se realiza en Uruguay con riego por inundación, ubicado en suelos de planicie sin o con muy reducidas pendientes; durante el ciclo productivo –octubre a marzo– existe un alto uso de agua, del orden de los 12.000 m³ por hectárea. En esta región del centro norte, los cultivos de arroz se riegan generalmente a partir de la acumulación de agua en grandes represas que se recargan durante los meses invernales. Son construidas con diques de tierra, en zonas de paisaje ondulado ubicadas en niveles del terreno que permiten regar por gravedad. En el año 1998-1999 –según el inventario de la Dirección Nacional de Hidrografía– se registraban en la cuenca alta del río Negro, para regar cultivos de arroz 253 represas, 18 reservorios que acumulaban un volumen de 600 millones de metros cúbicos; y 87 empresas disponían de tomas directas de los cursos de agua de la cuenca, extrayendo unos 87 millones de metros cúbicos.

En el año 1998 un nuevo decreto amplió los límites originalmente establecidos para usos competitivos de las represas del río Negro, ante presiones de usuarios agropecuarios que requerían realizar nuevos represamientos para fuentes de agua de riego; se facultó al MTOP a otorgar permisos y concesiones de uso de aguas para la construcción de represas destinadas a riego en los afluentes que alimentan los embalses hidroeléctricos en el río Negro, siempre que el volumen anual total embalsado no supere los setecientos hectómetros cúbicos (Decreto N° 212/998). No se conoció públicamente ningún estudio que diera una base técnica a esa medida. Actualmente, ya está completo el cupo de captación de aguas superficiales para represamiento³⁹.

A partir de los años noventa, la forestación se incrementa notablemente, primero en la cuenca alta del río Tacuarembó, departamentos de Tacuarembó y Rivera, y más contemporáneamente en toda la cuenca media y alta del río Negro, incluyendo las cuencas de sus afluentes más importantes en los departamentos de Cerro Largo, Tacuarembó, Rivera, Durazno, Río Negro y Soriano. La presencia de los denominados *suelos de prioridad forestal* en esas regiones canaliza las nuevas plantaciones hacia las mismas (Figura 6). El ritmo de las plantaciones decae hacia los primeros años del siglo XXI, fruto de la crisis económica y las incertidumbres provocadas por un cambio

³⁹ Torres, R. (2006). Com. pers.

de Gobierno sin antecedentes. Posteriormente al año 2005, la forestación vuelve a tomar un ritmo muy intenso en esta región.

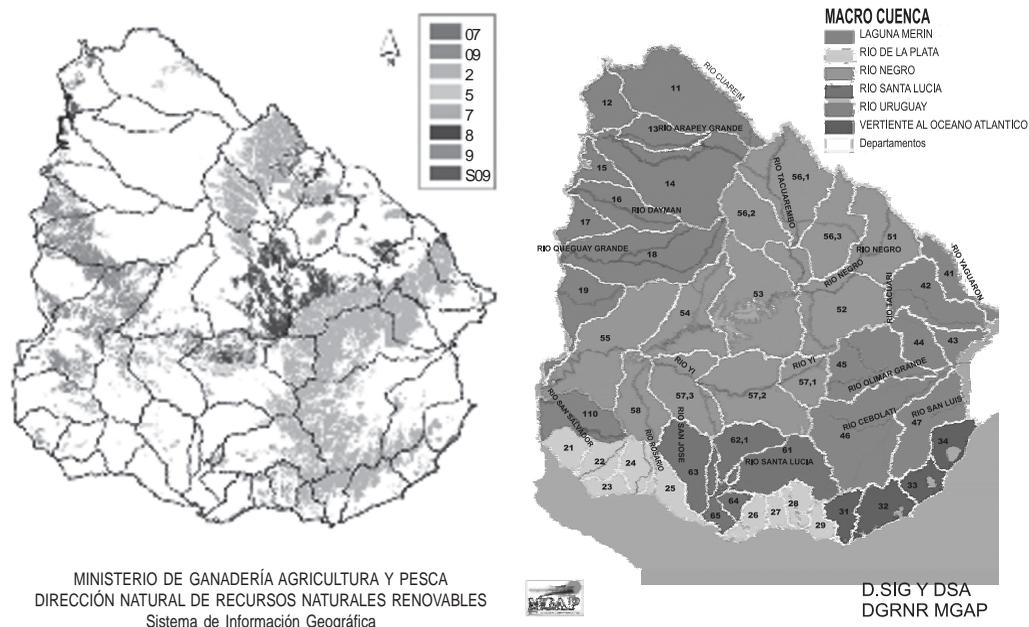
En el año 1999 el Grupo GUAYUBIRA señala que por cada 4 ha de la pradera natural que se destinan a las plantaciones forestales en esa cuenca, se cancela –por la reducción del escurrimiento subsecuente– la posibilidad de regar una hectárea de cultivo de arroz con la tecnología corriente⁴⁰.

El escenario de la Cuenca del río Negro es entonces fuertemente conflictivo entre los usos alternativos de los recursos hídricos: ganadería, generación de energía eléctrica, cultivo de arroz regado, y plantaciones forestales. Cada año, en la medida que se intensifican las plantaciones forestales en la cuenca, el problema se incrementará marginalmente. La ganadería es un demandante menor en términos relativos, pero posiblemente ocurrirán problemas locales en establecimientos con fuentes muy vulnerables.

Figura 6. Distribución de los suelos de prioridad forestal en las cuencas hidrológicas

Prioridad Forestal 2006 y Subcuencas

PLAN NACIONAL DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACION
DISTritos DE MANEJOS Y CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS



⁴⁰ Grupo Guayubira (1999). Carta al Director del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). (véase anexo en este documento).

La superficie del cultivo de arroz durante el período 2000-2006 se mantuvo relativamente estabilizada –una de las actividades con fuerte demanda del recurso en la región– pero este cuadro puede modificarse rápidamente a influjo de la situación del mercado mundial del cereal⁴¹. Las plantaciones forestales no están limitadas –hasta ahora– por la legislación de protección de la cuenca para la producción de energía eléctrica. Por lo que, sus continuos incrementos serán a expensas de la generación de energía, vía los menores rendimientos hídricos que serán turbinados en las tres represas del río Negro. Las principales áreas forestadas que afectan la cuenca del río Negro son las que se señalan en el Cuadro 5.

Como se adelantó, las modificaciones regionales en el ciclo hidrológico del bioma de pastizales hacia uno nuevo influenciado por la presencia de las plantaciones forestales, pueden tener otro conjunto de impactos *indirectos* en distintas variables naturales, sociales y económicas. La presencia de las plantaciones forestales de eucaliptos posibilita la instalación de plantas industriales para la fabricación de celulosa, que se caracterizan por un gran consumo de agua y vertido de efluentes industriales, generando nuevos impactos en el ciclo y la calidad de los recursos hídricos, así como nuevos conflictos sociales por estas razones, adicionales a los que emergieron cuando se realizaron las plantaciones.

En forma más amplia, cambios de esta magnitud que afectan el uso de la tierra en gran escala, y por lo tanto la oferta de bienes comerciales y servicios ambientales de amplias regiones, afectan variables socioeconómicas básicas como la escala y propiedad de las empresas, el volumen y la composición del producto, el empleo, el ingreso, la población rural, las corrientes migratorias internas, la distribución del ingreso y los segmentos sociales afectados por condiciones de pobreza, la identidad cultural de localidades, etc.

Cuadro 5. Plantaciones forestales en la cuenca del Río Negro (año 2000)

Subcuenca (a)		Superficie forestada ha (b)	Proporción forestada (%)
Nombre	Número		
Bajo Río Negro	55	146.500	17
Río Tacuarembó	56.1	182.600	27
Río Tacuarembó Chico	56.2	47.600	14
Río Yí medio	57.2	134.000	20

Fuente: MVOTMA-MGAP (2005). *Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía*. Ob.cit. (a) *Distritos de conservación de suelos y aguas*; véase figura 4; (b) *Censo Agropecuario 2000*.

⁴¹ En una investigación realizada por la División Suelos y Aguas del MGAP, se determinó una Carta de Tierras de la Cuenca alta del Río Negro (3 millones 400 mil ha); se identificó que existen 300 mil ha en esa cuenca con alta y media aptitud para el cultivo de arroz (que permitirían cultivar sustentablemente 100 mil ha anuales). Altamirano, A.; Califra, A.; Del'Acqua, M., Molfino, J., Petraglia, C. (1998). Estudio de la Cuenca alta del Río Negro utilizando imágenes satelitales y SIG. DSA/DGRNR/MGAP. 12p.

REPERCUSIONES EN LA SOCIEDAD

Las repercusiones sociales y económicas derivadas de los cambios en el uso del suelo, impulsados por el proyecto forestal que Uruguay promueve a partir de 1987, han sido manifiestas durante los 20 años siguientes, y han dado lugar a diferentes reacciones desde la sociedad civil.

A. El conocimiento tradicional

Los eucaliptos fueron introducidos a Uruguay desde Australia en el último cuarto del siglo XIX, y tuvieron una gran difusión durante el siglo XX en todo el territorio. Se utilizaron para proporcionar abrigo y sombra al ganado, para la realización de construcciones diversas y abrigo de las mismas en los establecimientos rurales, para la producción de insumos para los alambrados rurales, y para la producción de leña para el campo y los centros poblados. Esta difusión tomó la forma de pequeños plantíos (“quintas”) y cortinas distribuidos en la mayoría de los establecimientos rurales, así como también de algunas plantaciones de mayor porte, especialmente en el sur del país. También fueron frecuentes en el ornato público de muchos centros urbanos.

Esta larga y difundida experiencia permitió acumular un conocimiento tradicional por la población rural. En general, es muy conocida la avidez por el agua de este género forestal, y su efecto de “desección” de las tierras linderas a las plantaciones, de los reservorios de agua si se encuentran en sus bordes, y de las napas subterráneas subsuperficiales.

En un plano más académico, pero derivado de un conocimiento empírico, los primeros ingenieros agrónomos forestales formados en el país, conocían y utilizaban esta propiedad de este árbol. Así, cuando se plantea en el área metropolitana la desección de los bañados de Carrasco (1140 ha, en esa época), los técnicos plantean la conveniencia de forestar las tierras húmedas con árboles predominantemente del género *Eucalyptus*. El actual Parque Roosevelt es el resultado de esas decisiones. Caldevilla (1940) escribía “... la eliminación de la vegetación lacustre y su sustitución por especies forestales, donde los fenómenos de transpiración, clorovaporización, y transudación son más activos, oficiarán así como bombas agotadoras del agua. (...) El ejemplo práctico lo tenemos en el monte del Parque Nacional. Cuando se iniciaron los trabajos de plantaciones existían zonas de bañados que hoy han desaparecido, encontrándose la napa subterránea, que antes afloraba a 5-6 m de profundidad en el verano, notándose que un año tras otro baja más por la acción de esa enorme bomba representada por 350 ha de vegetación forestal”⁴². En el mismo sentido, Laffitte (1942), afirmaba dos años después que “... el aumento de la masa forestal ha de contribuir a acentuar un fenómeno propio de las plantaciones, que se observa como consecuencia de ellas en toda la zona. Se trata del descenso que se produce a nivel de la napa de agua subterránea”⁴³.

⁴² Caldevilla, G. (1940). La desección de los bañados de Carrasco. Revista de la Facultad de Agronomía, N° 20, p. 23-162.

⁴³ Laffitte, J. (1942). Derivación de los estudios realizados en los trabajos de desección y arborización en los bañados de Carrasco. Revista de la Facultad de Agronomía, N° 27, p. 9-136.

B. Acciones desde la sociedad civil

Un primer antecedente a reseñar es indirecto, en cuanto a que no se refiere a las plantaciones forestales. Pero señala por primera vez una preocupación explícita por los recursos hídricos, y muestra un grupo de organizaciones no gubernamentales coordinando sus acciones para defensa de esos recursos. Ambos aspectos sientan las bases para el desarrollo de una conciencia ambiental que irá creciendo los años siguientes.

En 1991 se lanza una campaña para defender los humedales del Este uruguayo, amenazados por la desecación al avanzar la frontera del cultivo de arroz, y exigir el cumplimiento del Convenio de RAMSAR convalidado por Uruguay. La Agrupación Uruguaya por un Ambiente Sano (AGUAS), una coalición de ONGs integrada por CEALS, CCU, CIEDUR, CIVS, GRUPO CERRO LARGO, PLEMUU, IELSUR, IMÁGENES, ITeM, MUJER AHORA, REDES-Amigos de la Tierra⁴⁴, realizó múltiples actividades durante dos años en la región y en la capital; la difusión del video “Los bañados de Rocha: el secreto de las aguas” constituyó un ícono de la campaña.

En 1991 CIEDUR da a conocer los primeros resultados de un extenso y multidisciplinario trabajo de investigación para abordar el incipiente complejo forestal, que se había realizado en cooperación con la Facultad de Ciencias de UDELAR⁴⁵, y que se completaría en los años inmediatos siguientes. Ya en ese momento se analizaban y desplegaban las diferentes dimensiones donde incidirían los cambios en el uso de la tierra –praderas nativas por plantaciones forestales mono-específicas de rápido crecimiento–: “...en un país rico en recursos naturales en relación a su dotación poblacional, se pretendía profundizar en el análisis de los diferentes usos alternativos de los recursos naturales del país, las alteraciones correspondientes en el ambiente natural y construido, y el conjunto de factores que determinan como se están gestionando esos recursos”⁴⁶. A partir de la revisión de la información científica y de antecedentes empíricos nacionales disponibles en ese momento, ya se señalaban las posibles modificaciones en el ciclo hidrológico, la urgente necesidad de realizar investigaciones locales, y de establecer un ordenamiento territorial de las nuevas plantaciones que protegiera aquellas cuencas de carácter estratégico. En las conclusiones referentes a esta dimensión se indicaba: “... si bien (las plantaciones forestales) podrían prevenir inundaciones, en general redundan en disminución del rendimiento hídrico de las cuencas”, “...afectan severamente las napas freáticas de las zonas donde se implantan”, “...llama la atención que la potencial reducción de caudales, no haya sido tenido en cuenta por organismos como UTE y OSE, en relación a los proyectos que promueven forestaciones masivas

⁴⁴ Centro de Estudios y Asesoramientos Legales y Sociales, Centro Cooperativista del Uruguay, Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo, Centro de Investigación en Vida Silvestre, Plenario de Mujeres del Uruguay, Instituto de Estudios Legales y Sociales del Uruguay, Centro de Medios Audiovisuales, Instituto del Tercer Mundo.

⁴⁵ CIEDUR (1991). Desarrollo forestal y medio ambiente en Uruguay. 16. Relatorio del Seminario «Desarrollo forestal: ambiente, economía y sociedad. CIEDUR, Seminarios y Talleres N° 42, Montevideo, p.174.

⁴⁶ Perez Arrarte, C. Ob. cit.

en las cuencas de captación de sus embalses”, “Se requiere una fuerte inversión en investigación básica y aplicada, para minimizar los impactos de la forestación y garantizar su rentabilidad en el largo plazo. Sin este esfuerzo, no existen elementos para afirmar que sea la mejor opción en materia de utilización de recursos naturales potencialmente renovables en el Uruguay, ni el mejor destino de estos”⁴⁷ .

Pasó mucho tiempo sin que la investigación demandada se concretara. Mientras tanto, se manifiesta una presión creciente del movimiento ambiental, de algunos sectores productivos, de la cultura, y de la política, que cuestionan el desarrollo del proyecto forestal y sus previsibles impactos ambientales.

En 1996 se publica el libro *Pulping the South*⁴⁸ que señaló la novedad de las plantaciones forestales en gran escala y presentó un cuadro global y comprensivo de las nuevas tendencias mundiales de la estrategia papelera internacional, evidenciando el carácter universal de los procesos que estaban desarrollándose en Uruguay.

El Grupo Guayubira, Grupo ambientalista sobre montes y forestación, fue creado en mayo de 1997 a partir de la coordinación de un conjunto de ONGs y proyectos ambientales: Eco-Tacuarembó, VIDA, CIEDUR, LINEA VERDE, REDES-Amigos de la Tierra, CECN, ITeM, con la finalidad de nuclear a personas y organizaciones preocupadas por la conservación del monte indígena y por los impactos socioeconómicos y ambientales del modelo de desarrollo forestal impulsado desde el gobierno.

En forma opuesta, se compone progresivamente un grupo macizo de defensa cerrada del proyecto forestal y de *lobby*, que no acepta ningún tipo de cuestionamientos, y desacredita los argumentos provenientes de la sociedad civil. Esta *comunidad epistémica*, como han sido definidas⁴⁹, se integra a partir del sector empresarial forestal, más un conjunto de técnicos vinculados a las empresas y a organismos de investigación y educación superior, el colectivo de la Dirección Forestal (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca) y la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), agentes del ámbito político, y personal de los organismos internacionales multi y bilaterales.

⁴⁷ Gutiérrez, M.O. et al (1993), ob. cit.; en: Perez Arrarte, C., p. 190 y 201.

⁴⁸ Carrere y Lohmann, ob. cit.

⁴⁹ Haass, P; citado en Silva, E. (1993). Conservación, desarrollo sustentable y juego político en la política de bosques nativos de Chile. En: SINTESIS, La cooperación internacional y el desarrollo sostenible en América Latina, 1993, 63-87.

En 1997 el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) realiza una publicación sobre “La forestación con eucaliptos en Uruguay: su impacto sobre los recursos naturales y el ambiente”⁵⁰. A pesar de que fue editado en la Serie Técnica de publicaciones del Instituto, su contenido –y en particular las referencias al ciclo hidrológico– es groseramente promocional de las plantaciones forestales, sin ningún apoyo de revisión de antecedentes internacionales en el tema ni de experiencias locales, que dieran sustento a los contenidos y afirmaciones realizadas. El Grupo Guayubira realizó un extenso y detallado análisis del documento y sus implicaciones (véase anexo), cuestionando el contenido, la legitimidad de los técnicos autores, la base técnica de respaldo del análisis que se realiza, el estilo de presentación y de formulación de conclusiones.

En 1997 la Dirección Forestal contrata al experto Walter de Paula Lima, de la Universidad de San Pablo, para que asesore al Gobierno sobre el impacto ambiental de las plantaciones forestales. En general sus conclusiones indican que existirán afectaciones del ciclo hídrico, y aconseja realizar investigaciones experimentales para precisar el comportamiento de los componentes del ciclo en las plantaciones realizadas en el país⁵¹. La presencia del consultor y su informe estimulan el debate público, que es cuestionado desde las tiendas del movimiento ambiental⁵². En forma análoga, otro experto, Thomas F. Geary, realiza en 1999 otra consultoría para el sector empresarial forestal y el Gobierno sobre el “Impacto ambiental de la forestación en Uruguay”⁵³.

En el marco de ese debate creciente sobre los impactos ambientales de las plantaciones y la ausencia cada vez más evidente de respuestas desde el sector público y político, se iniciarán algunos programas de investigación de campo para conocer las especificidades locales de las afectaciones del suelo y del ciclo hidrológico por parte de las plantaciones forestales. Las primeras investigaciones experimentales se hacen posibles a partir del financiamiento del Proyecto PRENADER que apoyará a la Dirección Forestal. En el año 1999 las Facultades de Agronomía e Ingeniería de la Universidad de la República inician un “Proyecto de instalación de microcuencas experimentales para el estudio del impacto ambiental y el monitoreo de programas de forestación con eucaliptos en el Uruguay”. Tres años después se discontinuó el financiamiento.

En el último quinquenio, en la medida que las plantaciones son más extensas y de mayor edad, comenzaron a percibirse en diferentes localidades del país externalidades adversas de las plantaciones, en particular sobre afectaciones del ciclo hídrico, que han dado lugar a reclamos y protestas de productores agropecuarios y pobladores que declaran sufrir problemas de abastecimiento de agua, sin antecedentes previos, y los imputan a la vecindad de plantaciones forestales (véase Recuadro 2).

⁵⁰ Martino, D.; Bennadji, Z.; Fossati, A.; Pagliano, D.; Van Hoff, E. (1997). La forestación con eucaliptos en Uruguay: su impacto sobre los recursos naturales y el ambiente. INIA, Serie Técnica N° 88.

⁵¹ Lima de Paula, W., ob.cit.

⁵² Véase, por ejemplo, Elhordoy, ob.cit.

⁵³ Geary, T.F., ob.cit.

Recuadro 2. Reclamos de productores rurales y pobladores por afectaciones de abastecimiento de aguas, imputados a las plantaciones forestales, que han sido difundidas por los medios de comunicación

- Productores granjeros del Este de Canelones, localidad Empalme Olmos. Menor rendimiento napas subterráneas.
- Productores y pobladores del departamento de Paysandú, Región Ruta 90 –Guichón, Piedras Coloradas, Queguay chico. Localidades Las Flores (“pueblo seco”), Colonia Arroyo Negro, Colonia 19 de abril. Se han declarado menores rendimientos de napas subterráneas, y afectaciones en el Arroyo Negro, Arroyo Valdés, Arroyo San Francisco.
- Productores ganaderos de Rocha. Zona de Sierras al Norte de la ciudad de Rocha. Menor rendimiento napas subterráneas.
- Productores rurales de Soriano. Localidad Cerro Alegre. 140 familias sin abastecimiento de agua son abastecidas por la Intendencia de Soriano.
- Productor rural de Colonia, Néstor Guerra, afectado en el abastecimiento de agua por plantaciones de FANAPEL.
- Productor y ex dirigente rural G. Chiarino Milans. Ruta 2, Mercedes, Soriano. Menor rendimiento napas subterráneas.

Fuente: Testimonios Grupo Guayubira y LINEA VERDE

C. Las nuevas dimensiones de los conflictos por el agua

En el marco de un decenio de los noventa caracterizado por un aumento de la conciencia ambiental en todo el mundo y en el país, emergen en la sociedad nacional un conjunto de normativas legales, incluyendo la creación de un ministerio con competencia en los temas ambientales (1990), la formulación y aplicación de la Ley de evaluación de impacto ambiental (1994), y distintas normativas referidas a la regulación de los recursos hídricos. La reforma de la Constitución de la República, con vigencia en 1997, es un punto de inflexión en la materia, al incorporar en el artículo 47 que “La protección del medio ambiente es de interés general”, y “Las personas deberán abstenerse de cualquier acto que cause depredación, destrucción o contaminación graves al medio ambiente”. En el año 2000, la Ley de Protección General del Medio Ambiente, al reglamentar la reforma completa, el edificio institucional construido en esta década.

Este *enverdecimiento* de la sociedad, como ha sido caracterizado, se condensó oficialmente en la definición y utilización de la grifa “Uruguay Natural”, que será adoptada por diversos organismos públicos y privados. “...Desde los noventa se impulsó un proyecto de reorientación de la identidad nacional, alrededor del eslogan ‘Uruguay Natural’, con propaganda turística refiriendo al país como un ‘refugio verde’, un ‘paraíso de agua dulce’, y ‘un milagro natural’”⁵⁴.

⁵⁴ Santos, C.; Valdomir, S.; Iglesias, V.; Renfrew, D. (2006). Aguas en Movimiento. La resistencia a la privatización del agua en Uruguay. Ediciones de la Canilla. Montevideo. p. 77-81.

Posteriormente, en el año 2004 se convocará a un plebiscito para realizar una reforma constitucional, que propone el agua como un derecho humano y prohíbe su privatización, referéndum que contó con la aprobación del 64,6% de los ciudadanos (Recuadro 3). Este proceso ocurrirá impulsado por una notable movilización ciudadana, que se prolonga después de las reformas institucionales y procura la aplicación efectiva de las nuevas normativas aprobadas por la ciudadanía. La Comisión Nacional en Defensa del Agua y de la Vida (CNDAV) constituyó el motor impulsor de este movimiento, una nueva coalición de base y con definición territorial surgida en agosto 2002, e integrada por un conjunto de más de 50 organizaciones entre las que se destacan la Comisión en Defensa del Agua y el Saneamiento de la Costa de Oro y Pando –una organización de vecinos de la zona– la Federación de Funcionarios de las Obras Sanitarias del Estado, la Liga de Fomento de Manantiales –una organización vecinal de Maldonado–, y una ONG ambientalista, la Red de Ecología Social-Amigos de la Tierra (REDES-AT)⁵⁵. “Es claramente desde REDES-AT y su proyecto Uruguay Sustentable desde donde se integra la visión ambientalista de la problemática del agua, ampliando el análisis más allá del ‘servicio público’, generando la necesidad de plantear en el debate la cuestión de la sustentabilidad ambiental del agua”⁵⁶.

⁵⁵ Ibidem, p. 80.

⁵⁶ Ibidem, p.129.

Recuadro 3. Artículo 47 de la Constitución de la República (Reformado en 2004)

La protección del medio ambiente es de interés general. Las personas deberán abstenerse de cualquier acto que cause depredación, destrucción o contaminación graves al medio ambiente. La ley reglamentará esta disposición y podrá prever sanciones para los transgresores (promulgada el 28 de noviembre de 2000, Ley N° 17.283).

El agua es un recurso natural esencial para la vida.

El acceso al agua potable y el acceso al saneamiento, constituyen derechos humanos fundamentales.

- 1) La política nacional de aguas y saneamiento estará basada en:
 - el ordenamiento del territorio, conservación y protección del Medio Ambiente y la restauración de la naturaleza.
 - la gestión sustentable, solidaria con las generaciones futuras, de los recursos hídricos y la preservación del ciclo hidrológico que constituyen asuntos de interés general. Los usuarios y la sociedad civil, participarán en todas las instancias de planificación, gestión y control de recursos hídricos; estableciéndose las cuencas hidrográficas como unidades básicas.
 - el establecimiento de prioridades para el uso del agua por regiones, cuencas o partes de ellas, siendo la primera prioridad el abastecimiento de agua potable a poblaciones.
 - el principio por el cual la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, deberá hacerse anteponiendo las razones de orden social a las de orden económico.
Toda autorización, concesión o permiso que de cualquier manera vulnere las disposiciones anteriores deberá ser dejada sin efecto
- 2) Las aguas superficiales, así como las subterráneas, con excepción de las pluviales, integradas en el ciclo hidrológico, constituyen un recurso unitario, subordinado al interés general, que forma parte del dominio público estatal, como dominio público hidráulico.
- 3) El servicio público de saneamiento y el servicio público de abastecimiento de agua para el consumo humano serán prestados exclusiva y directamente por personas jurídicas estatales.
- 4) La ley, por los tres quintos de votos del total de componentes de cada Cámara, podrá autorizar el suministro de agua, a otro país, cuando éste se encuentre desabastecido y por motivos de solidaridad.

CONCLUSIONES

La información analizada de todos los orígenes muestra modificaciones sustantivas en el ciclo hidrológico, cuando se realizan plantaciones forestales monoespecíficas en praderas nativas. Estas modificaciones ya están produciendo impactos en la naturaleza y en la economía, y generando conflictos sociales en aquellas localidades más afectadas, tendencia que se irá agudizando paralelamente al incremento de las áreas plantadas.

Es llamativa la consistencia y robustez de la información considerada, producida internacionalmente y en menor medida en el país durante los últimos 25 años. Los elementos sustantivos de las modificaciones en el ciclo hidrológico ya fueron conocidos muy tempranamente, y comenzaron a ser difundidos en la sociedad uruguaya hace más de 15 años. Por otra parte, coincidentemente, el conocimiento tradicional sobre los árboles del género *Eucalyptus*, acumulado durante más de un siglo en el país, permite prever los impactos que ocurrirán por las modificaciones en el uso del suelo.

En este período de expansión de las plantaciones forestales algunas organizaciones no gubernamentales y otras entidades de la sociedad civil, han realizado un prolongado y conciente trabajo de investigación, difusión, de promoción de la prevención de futuros problemas, y de denuncia.

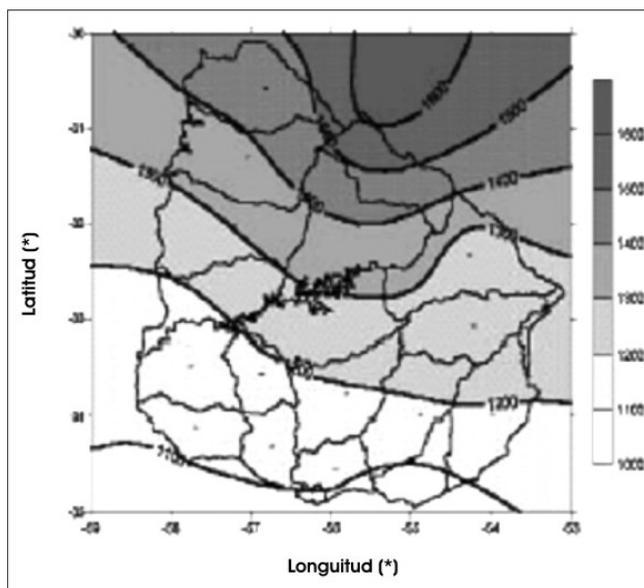
El bloque constituido por el sector empresarial forestal, las agencias gubernamentales responsables de la regulación del sector forestal –Dirección Forestal, la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA)– un segmento mayoritario de los técnicos forestales y de las agencias universitarias relacionadas a la temática, de las élites sociales adheridas a una modernización imitativa de los procesos en los países centrales, y de los agentes de los organismos internacionales multilaterales, se ha negado a considerar las evidencias y a modificar consecuentemente el proyecto forestal en curso. Se va consolidando así un desarrollo insustentable en amplias regiones, con significativas repercusiones sociales y económicas, que auguran la emergencia de conflictos sociales entre las partes interesadas en un futuro próximo. Los efectos serán altamente costosos de revertir, por las características de estas actividades y la naturaleza de los inversores.

No se ha investigado localmente por parte de los organismos públicos los impactos ambientales de las plantaciones forestales de acuerdo a la importancia del proyecto forestal, y a la novedad que implicaba este cambio radical en el uso de la tierra. Los primeros trabajos experimentales en esa dirección se inician tímidamente 12 años después de promulgada la Ley Forestal, y se discontinúan rápidamente. Nuevos intentos posteriores se realizan en forma muy limitada; el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) no ha aportado elementos significativos para la comprensión de los problemas ambientales derivados de las plantaciones forestales, aún cuando ya el proyecto forestal nacional está alcanzando los 20 años de vida.

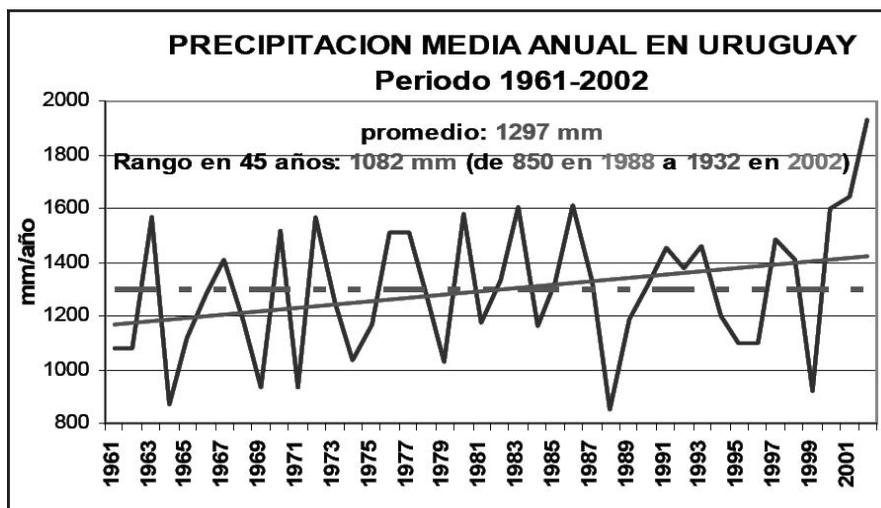
Simultáneamente, se asiste al surgimiento de nuevos movimientos sociales de base con plataformas más amplias, que relacionan el ciclo hidrológico con otras preocupaciones de grandes grupos de la población nacional, que potenciarán el debate y lo ubicarán en un entorno más amplio de problemas, seguramente permitiendo avanzar y evolucionar a propuestas más sustentables de desarrollo.

ANEXO I. PRECIPITACIONES EN URUGUAY

Precipitación media anual (mm) Uruguay 1961 - 1990



Fuente: Dirección Nacional Meteorología



Fuente: Caffera, M. 2006.

ANEXO II. PLANTEO REALIZADO POR GRUPO GUAYUBIRA AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA (INIA)

Montevideo, 2 de mayo de 1999.

Sr. Presidente
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
Ing. Agr. Pedro Bonino Garmendia
Presente

De nuestra mayor consideración:

Deseamos hacerle llegar nuestros comentarios de evaluación de la publicación de INIA: “La forestación con eucaliptus en Uruguay: su impacto sobre los recursos naturales y el ambiente“, publicado bajo la autoría de los Ings. Agrs. Daniel L. Martino, Zohra Bennadji, Alberto Fossati, Daniel Pagliano, y Eduardo van Hoff. Editado en la Serie Técnica, No.88, con fecha agosto 1997.

El grupo GUAYUBIRA es una asociación de personas e instituciones preocupadas por la conservación del monte indígena y por los impactos socioeconómicos y ambientales del actual modelo de desarrollo forestal impulsado desde el gobierno.

Algunos aspectos vinculados al contenido del documento son analizados en el anexo adjunto a esta carta. Sin embargo, nos parecen más significativas e importantes algunas consideraciones formales, que hacen a la imagen institucional del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y a los intereses legítimos de los ciudadanos por la gestión de los organismos públicos y paraestatales.

En particular, queremos destacar el aspecto de la legitimidad de los autores del documento con relación a la temática que se aborda y a la práctica de la investigación tecnológica, la revisión de antecedentes que se presenta, y el estilo de presentación y de formulación de las conclusiones.

Con respecto a:

- La legitimidad de los cuatro autores. La Ing. Agr. Zohra Bennadji es la científica que está a cargo del Programa Nacional Forestal de INIA, siendo su especialidad el mejoramiento genético forestal; no conocemos trabajos y publicaciones previas suyas en el campo ambiental vinculado a lo forestal, y por otra parte, no hay citada ninguna contribución en la bibliografía presentada en el documento; asimismo, hasta fines de 1997 el Programa Forestal de INIA no había incluido líneas de trabajo en el impacto ambiental de la forestación. El Ing. Agr. Daniel Pagliano revista en la Unidad de Biotecnología de INIA-Las Brujas, Canelones, siendo posible realizar el mismo comentario que para la Ing. Bennadji.

Los restantes tres autores, Ings.Agrs. Daniel L. Martino, Eduardo van Hoff y Alberto Fossati, son destacados profesionales vinculados a la producción forestal en importantes empresas comerciales del sector, Forestal IDALEN los dos primeros, y Grupo Otegui el tercero. El Ing. Fossati es también Presidente de la Asociación de Productores Forestales, e integrante de la Junta Directiva de INIA. Hasta donde nosotros conocemos, ninguno de los tres tiene trabajos previos de investigación en el área de los impactos ambientales de la forestación –no son citados en la revisión bibliográfica de la publicación de INIA por otra parte–, y no son tampoco investigadores profesionales, sino que ejercen su especialidad vinculada al ámbito productivo comercial (El Ing.Martino combina ese rol con actividad en INIA-La Estanzuela).

- La revisión de antecedentes que se presenta. La práctica académica elemental y corriente al presentar un trabajo o al establecer los lineamientos básicos para un área temática de la importancia que tiene la que se aborda en el documento, se inicia con una revisión de las publicaciones que existen en la materia, comenzando por los más próximos y siguiendo por los más alejados en el tiempo y/o el espacio. Sin embargo, los autores desconocen la totalidad de trabajos y publicaciones que han sido realizadas por organismos universitarios e institutos académicos privados del país, y tampoco revisan el gran desarrollo del campo internacional en esta materia, poniendo en evidencia su reducido nivel de formación e información en este campo científico, o una intencionalidad diferente de la habitual en el quehacer científico.
- El estilo de presentación y de formulación de las conclusiones. A pesar de la novedad del tema para el INIA, del carácter polémico que presenta entre diferentes actores sociales, de los reducidos antecedentes de los autores del trabajo en esa materia, se optó por una presentación propia de un estilo empresarial, que transmite una fuerte seguridad sobre la validez de las conclusiones que realiza, constituyendo por otra parte una formulación muy apartada de la habitual de los investigadores profesionales.

En síntesis, al abordar por primera vez este complejo tema en el campo científico, donde el INIA presenta un significativo rezago desde nuestra perspectiva, y donde existe una situación polémica entre diversos grupos de interesados sobre los impactos ambientales de la forestación, se toma partido con conclusiones rápidamente elaboradas, por técnicos sin la debida legitimidad para esta tarea, y que no respetan normas académicas e investigaciones relevantes realizadas en el país y el extranjero. Todos estos elementos nos inducen a pensar más en un mero acto de publicidad sectorial, que en un documento de orientación válido, que el organismo rector de la investigación tecnológica agronómica debe proporcionar a la sociedad nacional.

Dado su interés Señor Presidente, en preservar una imagen institucional asociada a principios de responsabilidad, competencia científica, autonomía y credibilidad pública, no dudamos que considerará estos comentarios como un aporte positivo para el futuro desarrollo del INIA.

Lo saludan muy atte.

Integrantes del Grupo Guayubira

cc.: Director Nacional de INIA, Directores de Estaciones Experimentales del INIA, Ministro de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), Ministro de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), Ministerio de Transporte y Obras Públicas, UTE, Rector de la Universidad de la República, Decano de la Facultad de Ciencias, Decano de la Facultad de Agronomía, Decano de la Facultad de Veterinaria, UTU, Universidad de la Empresa, Universidad ORT y UCUDAL, CONICYT, Asociación de Ingenieros Agrónomos (AIA), Asociación de Estudiantes de Agronomía (AEA), Red Uruguaya de ONGs ambientalistas, Parlamento, Medios de difusión, Intendentes de todos los Departamentos y Congreso de Intendentes.

A. Apéndice Algunas observaciones sobre el contenido de la publicación “La forestación con eucaliptus en Uruguay: sus impactos sobre los recursos naturales y el ambiente”. INIA, Serie Técnica No.88, agosto 1997

Se realiza una agrupación de las observaciones que se presentan en el documento en tres categorías de afirmaciones: I. afirmaciones poco éticas; II. afirmaciones propagandísticas y/o promocionales; III. afirmaciones confusas y/o erróneas conceptualmente.

En cada punto se cita el texto en negritas, el número de página, y cuando se agregan comentarios propios se incluyen entre corchetes y con tipografía normal.

I. Afirmaciones poco éticas

01. **“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 (...) sobre el tema de impacto ambiental de los eucaliptus” (Prólogo, página inicial)** {Se utiliza el poder legitimador de lo objetivo y lo científico en la sociedad moderna, así como la de la imagen institucional del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), para basar un conjunto de opiniones corporativas de los autores, que obviamente no tienen “fundamentos científicos”; notablemente, en el mismo texto, en diversas partes, se confrontará esta afirmación que se realiza en la portada:} **“Es necesario comenzar a obtener información científica sobre los procesos básicos de la dinámica de nutrientes en sistemas forestales, a efectos de desarrollar técnicas de manejo de la fertilidad y de preservación de los nutrientes naturales.” (p. 15); “(...) por consiguiente, la forestación no ocasionará 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” (p.18); “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” (recuadro p.19); “En el análisis efectuado no se ha identificado grandes problemas ambientales asociados a la forestación con eucaliptus en Uruguay. A pesar de ello, es necesario confirmar hipótesis y obtener información nacional mediante estudios científicos y de monitoreo” (p.19);**

II. Afirmaciones propagandísticas y/o promocionales de la forestación

02. **“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.” (recuadro, p.4)** {Señala buenas intenciones de futuro de los agentes nacionales involucrados en la forestación, pero no agrega nada al tema de los impactos ambientales de la forestación}.

03. **“Las plantaciones de eucaliptus no afectan seriamente los recursos hídricos” (texto de la foto en la p.9).** {Como el tema de los recursos hídricos es un aspecto crítico y debatido de las plantaciones forestales que se realizan en Uruguay, se establece un mensaje tranquilizador.}

04. **“No hay razones para presuponer que la forestación con eucaliptus conduce a un agotamiento del recurso agua.” (p.9)** {Afirmación similar a la anterior, pero más confusa por su radicalidad.}

05. **“La forestación implica un mayor uso de agroquímicos que la ganadería extensiva. La gran mayoría de ellos carecen de efectos negativos para el ambiente.” (p.18)** {Todos los sectores productivos que utilizan agroquímicos (o agentes químicos en general) sostienen la misma tesis; más adelante, se señalará que la ganadería es la actividad que verdaderamente contamina (véase el punto 17).}

06. **“(…) por consiguiente, la forestación no ocasionará contaminaciones significativas de suelos y aguas. (p.18)** {¿conclusiones científicas o buenos deseos?}

07. **“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. (...) Es altamente probable que cualquier industria de celulosa que se instale en el país encare la producción de este tipo de papel ‘ecológico’”.** (nuevo señalamiento de buenas intenciones, esta vez para los empresarios industriales que eventualmente se instalen en el país).

08. **“Si bien es esperable que el proceso de forestación en Uruguay no perjudique la vida silvestre, y que en cierta forma la proteja...” (recuadro p.19)** {recuadro propagandístico, que es conceptualmente erróneo.}

09. **“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. (p.19)** {Nuevamente aúna mensajes propagandísticos con afirmaciones confusas o francamente erróneas.}

10. **“En el análisis efectuado no se ha identificado grandes problemas ambientales asociados a la forestación con eucaliptus en Uruguay.” (p.19)**

11. **“La mecanización de las cosechas con equipos modernos minimiza los impactos ambientales negativos” (texto en la foto p.20)** {Combina una afirmación propagandística –al señalar la presencia de equipos modernos en la cosecha– con un comentario confuso y/o erróneo –que esa maquinaria minimiza los impactos ambientales negativos–}

III. Afirmaciones confusas y/o erróneas conceptualmente y/o sin fundamentos

12. **“Es impensable que el proceso de forestación pueda alterar de alguna forma la cantidad y distribución de las lluvias.” (recuadro p.5)** (Afirmación sin límites y fundamentos, poco apropiada para un documento científico.)

13. **“La necesidad de agua de un bosque en cierto sitio es prácticamente igual a la de una pradera en la misma localidad.” (recuadro p.7)** {Si por “bosque” se entiende una plantación forestal de árboles del género eucaliptus, y por “pradera” un campo natural, ambos sistemas en la realidad concreta de Uruguay, esta afirmación es groseramente errónea. Si por necesidad se entiende la evapotranspiración real, la correspondiente a los eucaliptus es entre 30 a 50% superior a la de la pastura natural, dependiendo de la edad de los árboles, factores edáficos, etc. La evapotranspiración real está limitada –en uno de sus extremos– por la disponibilidad de agua en el suelo, y ésta es una función del componente de infiltración. Históricamente las pasturas naturales solo han dispuesto de una fracción de las precipitaciones, como resultado del fuerte escurrimiento en este sistema vegetal (del orden del 40% de las precipitaciones en las condiciones de las praderas pastoreadas de Uruguay); los sistemas arbóreos exhiben una infiltración mayor –una escorrentía más reducida– y su mayor sistema radicular les permite explorar un volumen mucho mayor del suelo, alcanzando frecuentemente napas freáticas profundas. Por otra parte, el notable consumo hídrico de esta especie, es un conocimiento común que tiene cualquier persona vinculada al sector rural. En el recuadro de la página siguiente (p.9) se realiza una afirmación que desdice lo anterior;} **“Al introducir eucaliptus en un sitio bajo pastura natural, es de esperar una mayor infiltración de agua en el suelo, y un incremento en la ETR”.**

14. **“También es de esperar un levemente menor escurrimiento superficial, lo que podría generar reducciones temporarias en el caudal de corrientes superficiales de agua.** {Mediciones de cuencas realizadas en otros países –Brasil, Sudáfrica, etc.– citadas en el trabajo del consultor W.P.Lima (1997), de la Dirección Forestal, señalan que las plantaciones de eucaliptus reducen el componente de escurrimiento, con relación al existente en una vegetación de pasturas, en el orden del 25% de las precipitaciones. En el caso de Uruguay, tomando una precipitación media de 1100 mms de lluvia al año, esa reducción significa un escurrimiento anual menor de 2.750 metros cúbicos por hectárea plantada de árboles. Esta es agua que no va a los cauces; y significa, por ej. que cada 4 ha de eucaliptus se pierde el agua para regar una ha de arroz. A este fenómeno, los autores lo califican como un “levemente menor escurrimiento superficial...”}.

15. **Figura 2, p8.** {La figura presenta un conjunto de errores conceptuales: se ha omitido en la figura el componente intercepción del ciclo hidrológico, se sugiere que la escorrentía podría ser menor en el caso de la plantación forestal pero se utiliza la misma cifra en las dos cubiertas vegetales, y por lo tanto se supone una misma infiltración de agua en el suelo. El consumo de

agua de la pradera y de la plantación forestal –medida por la evapotranspiración real– se establece en la misma cantidad; el drenaje interno asimismo se supone que es similar en las dos vegetaciones. Los errores son tan groseros que solo un burdo afán propagandístico puede justificar esta presentación.}

16. “ {al analizar el intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera, especialmente los carbonosos, los autores analizan detenidamente el efecto sumidero de carbono atribuible a las plantaciones forestales comerciales:} (p.17) **“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.”** (p.16) (...) **“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.”** {afirmación que en su primera parte es de corte propagandístico: seguramente compensa...; en la segunda, los autores confunden la dinámica de un bosque natural que no es explotado, con una pradera que es sometida a pastoreo y donde se retira la producción anual del sistema; asimismo, desconocen que los estudios modernos señalan el significativo rol de las formaciones vegetales de praderas de gramíneas evolucionadas bajo clima templado en el proceso de sumidero de carbono.}

17. **“Es paradójico el hecho que la ganadería extensiva, practicada en el país desde hace 350 años, a pesar de ser un importante contaminante de la atmósfera** {los autores hacen referencia a la contaminación por el metano de los aparatos digestivos de herbívoros}, **es popularmente considerada como inocua, y no está sometida a los cuestionamientos que surgen hoy desde algunos sectores de la sociedad hacia la forestación.”** (p.17) {En esta afirmación, que se identifica más como proveniente de un organismo gremial que de un organismo técnico, se señala una adhesión a argumentos provenientes de los países centrales, que son –como se señala en otras partes del documento– los principales responsables de la contaminación planetaria, países desde donde se irradian argumentos que intentan confundir las responsabilidades de las distintas sociedades del sistema mundial. Este argumento no considera que el aspecto relevante es el efecto marginal sobre la atmósfera, de los nuevos contaminantes incorporados por el hombre en la era industrial: derivados del petróleo, industrias, agricultura moderna, etc.. Nuestras praderas pampeanas seminaturales, al igual que las africanas o las de América del Norte, en toda su evolución planetaria aportaron los gases de sus faunas a la atmósfera, constituyendo así parte del efecto Gaia, siendo la situación actual completamente marginal en el contexto de la contaminación antropogénica).

18. **“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...”** (p.18) {Aplica un concepto adecuado a un sistema natural –los bosques naturales– a una plantación forestal realizada por el hombre (sistema artificial monoespecífico, etc.) que sustituyó generalmente una pastura natural que era la vegetación nativa de esta región planetaria. Inmediatamente continúa desdiciendo su afirmación anterior:} ...» **aunque es necesario considerar que las plantaciones con especies exóticas son normalmente menos ricas en fauna y flora que los bosques nativos”**.

ANEXO III. REPRESAMIENTOS DE AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO NEGRO

Cuadro 1. Represamiento de aguas para riego de arroz, Cuenca alta del Río Negro

Obras	Número	Volumen max. (en miles de m3)
Represas (arroz)	253	597.522
Reservorios (arroz)	18	1.664
Tomas de agua (arroz)	87	87.600 (a)
Total	358	686.786

(a) estimado a partir de las hectáreas regadas

Fuente: Dirección Nacional de Hidrografía (2000), Inventario de recursos hídricos.

Cuadro 2. Represamiento de agua para energía eléctrica en el Río Negro

	Volumen max. (en miles de m3)
UTE-Rincón del Bonete	8.800.000
UTE-Palmar	2.854.000
UTE-Rincón de Baygorria	570.000
Totales Generación Hidroeléctrica	12.224.000

Fuente: Dirección Nacional de Hidrografía (2000), Inventario de recursos hídricos.