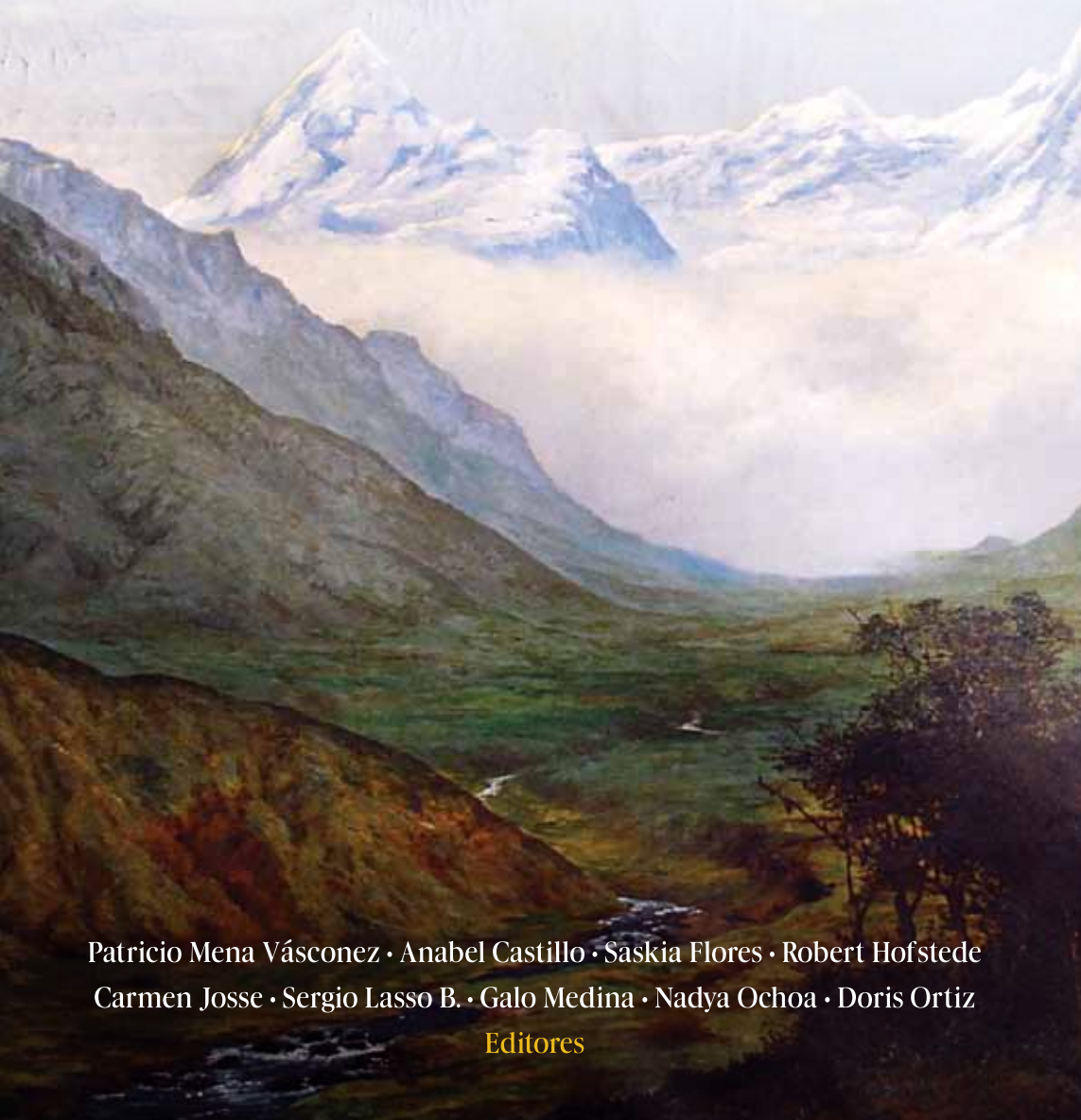


Páramo

Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado

Selección de textos de la Serie Páramo, órgano de difusión
del Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador (GTP)



Patricio Mena Vásconez • Anabel Castillo • Saskia Flores • Robert Hofstede
Carmen Josse • Sergio Lasso B. • Galo Medina • Nadya Ochoa • Doris Ortiz

Editores

Páramo

Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado

Selección de textos de la **Serie Páramo**, órgano de difusión del
GRUPO DE TRABAJO EN PÁRAMOS DEL ECUADOR (GTP)

Edición a cargo de:

Patricio Mena Vásquez

Anabel Castillo

Saskia Flores

Robert Hofstede

Carmen Josse

Sergio Lasso B.

Galo Medina

Nadya Ochoa

Doris Ortiz



Una coedición de
ECOCIENCIA, EDITORIAL UNIVERSITARIA ABYA-YALA y ECOBONA
Octubre 2011

El **Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador** (GTP) es una plataforma informal, multidisciplinaria y abierta de instituciones y personas con interés en el conocimiento, la conservación, el manejo, las políticas y la socioeconomía del páramo. Desde 1997 se llevan a cabo reuniones trianuales en las que se presentan, discuten y analizan temas relacionados con los páramos en el país y la región. El GTP ha sido coordinado desde sus inicios por EcoCiencia. Los temas de las reuniones son consensuados por sus miembros, quienes hacen las presentaciones o, en su lugar, personas invitadas a hacerlo. De cada reunión se produce un número de la Serie Páramo, el órgano de difusión del grupo. La publicación de la Serie ha sido realizada en coedición con Editorial Abya-Yala desde el inicio.

EcoCiencia es una organización no gubernamental ecuatoriana fundada en 1989. Su misión es “Conservar la diversidad biológica mediante la investigación científica, la recuperación del conocimiento tradicional y la educación ambiental, impulsando formas de vida armoniosas entre el ser humano y la naturaleza”. Desde 1998 coordina el GTP y desde 1999 coedita con Abya-Yala la Serie Páramo, que es la base de esta publicación.

Editorial Abya-Yala puede ser considerada una de las mayores productoras de obras de Ciencias Sociales en Latinoamérica. En Ecuador, las publicaciones de Abya-Yala concentran el 70% de la producción editorial del país. Hoy, su catálogo alcanza más de 1.600 títulos que incluyen cerca de 4.500 artículos, de 2.000 autores, 320 de ellos indígenas. Desde 1999 ha coeditado con EcoCiencia la Serie Páramo del GTP.

ECOBONA es un Programa Regional Andino de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación Internacional (COSUDE), implementado en Bolivia, Ecuador y Perú por la Fundación Suiza para el Desarrollo y la Cooperación Internacional INTERCOOPERATION).

Por favor cite esta obra completa así:

Mena Vásconez, P., A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa y D. Ortiz (Eds.). 2011. Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. EcoCiencia/Abya-Yala/ECOBONA. Quito.

Para cada artículo:

<<Autores/as>>. 2011. <<Nombre completo del artículo>>. En: P. Mena Vásconez, J. Campaña, A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa y D. Ortiz (Eds.). Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. EcoCiencia/Abya-Yala/ECOBONA. Quito.

ISBN: 978-9942-09-016-4

Diseño, edición e impresión: Editorial Universitaria Abya-Yala

Portada: cuadro “El Altar” de Luis A. Martínez (ca. 1908).

Esta publicación está disponible en Abya-Yala y EcoCiencia

GTP (coordinado por EcoCiencia)
Pasaje Estocolmo E2-166 y Amazonas
(Sector El Labrador)
Telfs. 2410781 — 2410791
gtpecuador@ecociencia.org
www.paramosecuador.org.ec
Quito, ECUADOR

Editorial Universitaria Abya-Yala
Av. 12 de Octubre 1430 y Wilson
Casilla 17-12-719
Telfs. 2506251 — 2506247
editorial@abyayala.org
www.abayayala.org
Quito, ECUADOR

CONTENIDO

CONTENIDO

Presentación.....	7
Agradecimiento.....	13

SECCIÓN 1: EL PÁRAMO ESTUDIADO

<i>Introducción: El páramo estudiado</i>	19
<i>Esteban Suárez</i>	
La flora de los páramos ecuatorianos	25
<i>Susana León-Yáñez</i>	
La agrobiodiversidad en los ecosistemas de páramo: una primera aproximación a su inventario y su situación actual	41
<i>Carlos Nieto C. y Jaime Estrella E.</i>	
Los suelos de los páramos de Ecuador	63
<i>Pascal Podwokewski y Jérôme Poulenard</i>	
Hidrología del páramo: importancia, propiedades y vulnerabilidad	81
<i>Bert De Bièvre et al.</i>	
Plantaciones forestales y producción de servicios ambientales	99
<i>Kathleen A. Farley Wolf</i>	
Un análisis geoespacial y estadístico preliminar de la actividad minera en los páramos de Ecuador	113
<i>Alexandra Velástegui y Víctor López A.</i>	



SECCIÓN 2: EL PÁRAMO HABITADO

<i>Introducción: El páramo habitado</i>	129
<i>Rossana Manosalvas</i>	
Análisis de género y el manejo de páramo: una exploración de las necesidades y potencialidades	135
<i>Susan Poats</i>	
Particularidades culturales de la gente de montaña	155
<i>Jorge León T.</i>	
Las expresiones musicales en los páramos ecuatorianos	167
<i>Juan Manuel Carrión</i>	
La gestión andina de los páramos: el caso de Patococha, Cañar, Ecuador	173
<i>Marco Pichisaca y Cesario Guamán</i>	
La asociación de productores de plantas medicinales Jambi Kiwa en Chimborazo	187
<i>Rosa Guamán</i>	
Comunidad y área protegida: la experienciade manejo de los páramos de Asaraty	195
<i>Rafael Ushca 141</i>	
El turismo en Oyacachi: mucho más que aguas termales y paisaje	199
<i>Saskia Flores y Héctor Parión</i>	
La experiencia de la comuna Zuleta, provincia de Imbabura	209
<i>José Alvear</i>	

SECCIÓN 3: EL PÁRAMO MANEJADO

<i>Introducción: El páramo manejado</i>	215
<i>Bert De Bièvre</i>	
Metodologías aplicadas para el manejo y conservación de los páramos con énfasis en el agua: la experiencia de ETAPA	221
<i>Paul Turcotte et al.</i>	

Mecanismos relacionados con servicios ambientales como una herramienta para la conservación de los páramos	231
<i>Montserrat Albán</i>	
Páramos en áreas protegidas: el caso del parque nacional Llanganates	247
<i>Miguel Á. Vázquez</i>	
Una visión general del ecoturismo en los páramos de Ecuador	261
<i>Érica Narváez</i>	
El manejo social y técnico de los páramos de Quisapincha	269
<i>Amado Martínez</i>	
Experiencia comunitaria en el manejo de recursos naturales altoandinos: el caso de la Asociación Pasguazo Zambrano en la provincia de Chimborazo	277
<i>Kelvin Cueva R.</i>	
Zhincata, ¿un nuevo gran lago en los Andes?	283
<i>Patricio Mena Vásconez</i>	

SECCIÓN 4: EL PÁRAMO INSTITUCIONALIZADO

<i>Introducción: La institucionalización del páramo.</i>	295
<i>Sergio Lasso B.</i>	
El Ecuador requiere de un instrumento legal para promover la conservación de sus páramos	301
<i>Manolo Morales y Silvana Rivadeneira</i>	
Los servicios del ecosistema páramo: una visión desde la evaluación de ecosistemas del milenio	315
<i>Robert Hofstede</i>	
Los páramos ecuatorianos y el tratado de libre comercio con Estados Unidos	331
<i>Carlos Larrea</i>	
El Parque Nacional Sangay y la carretera Guamate-Macas	337
<i>Miguel Á. Acuña</i>	



La experiencia de manejo de los páramos en la Reserva Ecológica Cayambe-Coca	353
<i>Luis Martínez</i>	
<i>Colofón:</i> El reto para la conservación y manejo de los páramos en Ecuador	361
<i>Domingo Paredes</i>	
Editores/as	373
Índice de materias	375





Para poder entender los potenciales servicios ambientales de las plantaciones forestales, es necesario compararlos con el ecosistema que estas plantaciones están reemplazando. Como cualquier servicio ambiental, su valor y sus costos y beneficios se entienden en relación al ecosistema que existía antes y los cambios en servicios ambientales que resultan debido al cambio de ese uso del suelo. Por esa razón, el siguiente artículo se enfoca en el cambio en la producción de servicios ambientales cuando los ecosistemas de pajonal —y específicamente los páramos ecuatorianos— se convierten en plantaciones forestales. El artículo está basado en datos recogidos en Cotopaxi, comparando el páramo con las plantaciones de pino; en datos recogidos en Uruguay y Argentina, comparando pajonales con plantaciones de pino y eucalipto, y en datos globales que comparan ecosistemas de pajonal con plantaciones forestales. Tomados en conjunto, los datos ayudan a ilustrar los cambios que ocurren en varias funciones ecosistémicas —las cuales tienen implicaciones para la producción de servicios ambientales— cuando los pajonales están convertidos en plantaciones forestales. En este sentido, el enfoque del artículo es menos en la producción de servicios ambientales por parte de las plantaciones en sí, que en el cambio de servicios que se pueden detectar a través de la comparación entre pajonales y plantaciones.

5 Serie Páramo 26: Forestación 2 (2008). El artículo fue revisado y complementado por la autora en junio de 2011.

6 Assistant Professor; Department of Geography; San Diego State University, EEUU; kfarley@mail.sdsu.edu



A escala mundial se ha puesto mucho esfuerzo en entender cómo fomentar un incremento en la cobertura forestal, sea a través de bosques secundarios o de plantaciones forestales. Como resultado de este esfuerzo, el área mundial de plantaciones forestales se ha incrementado más de un 40% entre 1990 y 2005, llegando a cubrir 139,1 millones de ha en 2005 (van Dijk y Keenan 2007).

En Ecuador las plantaciones forestales empezaron a ser establecidas desde finales de 1800, y con las pruebas forestales de 1920, fueron escogidas y eventualmente promovidas las especies que crecían mejor en sus ambientes. El pino radiata o de Monterey (*Pinus radiata*) fue una de las especies escogidas por su potencial de crecimiento rápido en la Sierra. Esta especie empezó a ser plantada en grandes extensiones desde la década los sesenta y así continuó bajo varios programas gubernamentales dirigidos al fomento de la forestación (Tabla 1).

Los efectos biofísicos de las plantaciones forestales

Tanto a escala mundial como a escala nacional se ha puesto mucho énfasis en *cómo* fomentar un incremento en el área de plantaciones forestales. Por el contrario, *por qué* plantar ha recibido menos atención (Farley 2007). En el caso de las plantaciones establecidas en Ecuador, algunos programas de forestación se han enfocado en metas económicas, como la producción de madera y la contribución al sector forestal para la producción interna y de exportación. En otros casos, estos programas especificaron metas biofísicas, incluyendo el control de la erosión y la secuestación de carbono, así como efectos mucho más generales tales como la producción de “bienes y servicios”. Finalmente, en otros casos, ni metas económicas ni biofísicas fueron descritas y la forestación en sí misma fue el objetivo (Tabla 1). Con la mayoría de la atención enfocada en los factores políticos, económicos y sociales que influyen en promover las plantaciones forestales, los efectos biofísicos de las plantaciones, en muchos casos, han sido simplemente asumidos. Entre los efectos biofísicos frecuentemente esperados como resultado de las plantaciones forestales se encuentran: el mejoramiento de la calidad del suelo, el me-



joramiento de la calidad del agua, la protección de las cuencas hidrográficas y la secuestación de carbono (Rudel et al. 2005).

Pero saber hasta qué grado estas expectativas son congruentes con la realidad requiere de un análisis de los datos existentes. Esto es esencial para entender si las plantaciones realmente contribuyen a la sostenibilidad. Como fue estipulado por Rudel et al. (2005): “la contribución de una transición a una mayor cobertura forestal al proceso de crear una sociedad más sostenible depende del efecto de la transición sobre la provisión de servicios ambientales”.

Según Rudel et al. (2005), los servicios ambientales típicamente esperados con un incremento en la cobertura forestal son el mejoramiento de la calidad del suelo, la cantidad del agua y la calidad del agua.

Sin embargo, en el caso de plantaciones forestales en Ecuador no existe mucha evidencia que demuestre que estas metas hayan sido logradas. Para entender mejor el caso ecuatoriano podemos evaluar tantos los datos ecuatorianos como los datos de otras partes del mundo. Específicamente, podemos preguntar:

¿Son congruentes las expectativas con los datos de las plantaciones en Ecuador? ¿Son congruentes las expectativas con los datos de plantaciones de otras partes de América del Sur? ¿Son congruentes las expectativas con los datos globales?

Tabla 1. Los programas principales de forestación en Ecuador

Iniciativa	Época	Metas
Primeras plantaciones	Finales de los 1800	Abastecimiento de leña y madera control de la erosión
Pruebas forestales	1920	Producción de madera
Primeros programas auspiciados por el MAG	1970	No especificadas
Convenios de Participación	1980	Incremento de un recurso renovable. Producción de “bienes y servicios”
FONAFOR/ Plan Bosque	1980	Madera para la exportación



BID	1980	Utilización de tierras de baja productividad. Revitalización de los programas forestales gubernamentales
PLANFOR	1990	Promoción de la reforestación
PROFAFOR	1990	Secuestración de carbono

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería; FONAFOR: Fondo Nacional para la Forestación; IDB: Banco Interamericano de Desarrollo; PLANFOR: Plan Maestro de Forestación; PROFAFOR: Programa FACE de Forestación.

Fuentes de datos

En este análisis se usaron tres fuentes de datos:

- Un estudio en las plantaciones de pino en el páramo del Cotopaxi, Ecuador. Se estudiaron suelos en el páramo y en las plantaciones de pino adyacentes que tuvieron entre 5 y 24 años de edad. Se tomaron muestras de suelo al azar de 0-10 cm de profundidad, además en cada horizonte hasta 1 m en dos calicatas por rodal. Los datos de este estudio fueron publicados en Farley et al. (2004) y Farley y Kelly (2004).
- Un estudio en plantaciones de eucalipto en pajonales de Lavalleya, Uruguay y plantaciones de pino en pajonales de Córdoba, Argentina, con datos adicionales de Tacuarembó, Uruguay. Se usaron datos tomados de cuencas hidrográficas apareadas en pajonales y plantaciones de eucalipto o pino. Los datos de este estudio fueron publicados en Farley et al. (2008).
- Datos de varios estudios de síntesis/metaanálisis globales sobre las plantaciones forestales, incluyendo Guo y Gifford (2002), Jackson et al. (2005) y Farley et al. (2005).

Resultados

Calidad del suelo: carbono del suelo

La conversión de pajonales a plantaciones forestales permite la secuestración de carbono en la biomasa de los árboles, pero el efecto sobre



el carbono de suelo varia de un sistema a otro (Guo y Gifford 2002). En aquellos casos donde las plantaciones han sido establecidas en suelos degradados se puede observar un incremento en el carbono de suelo (Brown et al. 1986). Pero en el caso del páramo, donde el contenido de carbono suele ser muy alto, las plantaciones forestales pueden causar una pérdida de carbono de suelo. En el caso de Cotopaxi se observó una pérdida de 5 kg/m² de carbono, lo cual implica una redistribución de carbono de abajo de la tierra hacia arriba de ella. Este cambio en la ubicación del carbono influye en la estabilidad del sumidero (Figura 1) (Farley et al. 2004).

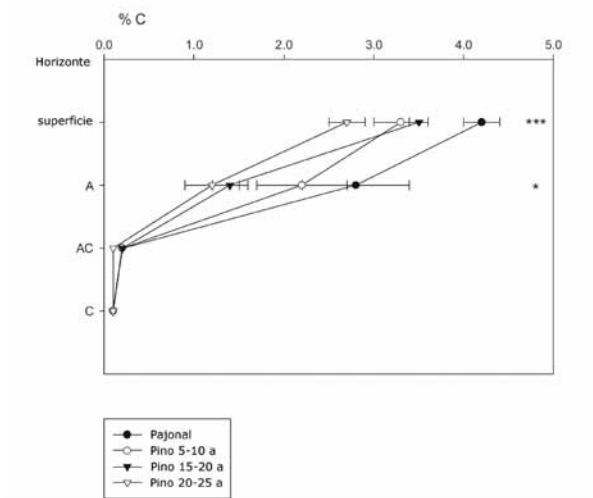


Figura 1. El carbono de suelo en el páramo y en las plantaciones de pino adyacentes en Cotopaxi. *** $p < 0,001$, * $p < 0,05$.

Fuente: Farley et al. (2004)

El efecto visto en el páramo ecuatoriano es congruente con los resultados globales (Figura 2). El estudio de Guo y Gifford (2002) muestra que en los casos donde un pajonal pasó a ser convertido en una plantación forestal, el efecto promedio fue una pérdida de alrededor del 10% del carbono de suelo. Los resultados de Cotopaxi muestran la misma



tendencia y dirección de cambio, pero con una pérdida mucho mayor, lo que es algo esperado ante el alto contenido de carbono en los suelos del páramo. Estos datos también indican que en los sitios originalmente usados para la agricultura se ve un efecto muy diferente que en los sitios donde la cobertura original fue pajonal (Figura 2).

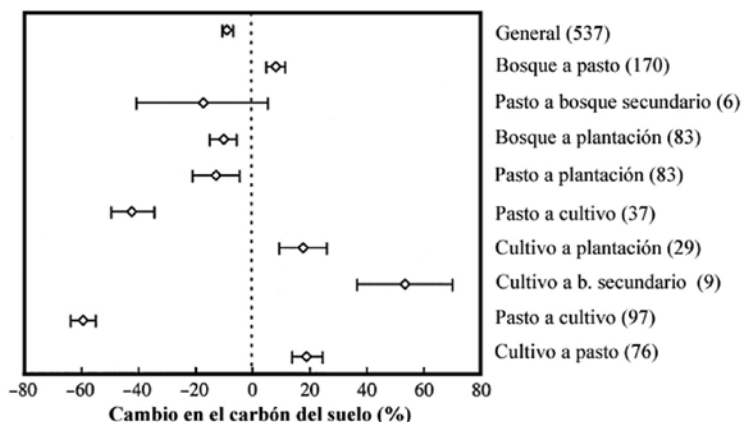


Figura 2. El cambio en carbono de suelo bajo varios tipos de cambio de vegetación en una síntesis global. Fuente: Guo y Gifford (2002)

Esta comparación sugiere que el efecto esperado o asumido de la conversión de los pajonales a plantaciones forestales posiblemente surge de datos de sistemas agrícolas y no debe ser aplicado a sistemas de pajonal.

Calidad del suelo: acidificación del suelo

El pH del suelo tiene implicaciones importantes para la fertilidad y es una variable frecuentemente afectada por la forestación (Jobbágy y Jackson 2003). En el caso de Cotopaxi se observó un cambio muy rápido después del establecimiento de la plantación, con un pH de 0,3 menos bajo pino de 5-10 años que bajo el páramo (Figura 3) (Farley y Kelly 2004). Este cambio fue observado en la superficie del suelo, entre 0 -10 cm, un patrón que sugiere un incremento de insumos de ácidos orgá-

nicos de la hojarasca del pino (Jobbágy y Jackson 2003). En otras partes de América del Sur se ha visto una tendencia de acidificación bajo plantaciones forestales con un patrón distinto; en el caso de plantaciones de eucalipto en Uruguay, el cambio de pH más significativo ocurrió entre 10-30 cm de profundidad, lo que indica una acumulación de cationes en la biomasa, los cuales son exportados del sistema como consecuencia de la cosecha (Farley et al. 2008).

Una síntesis de datos globales de plantaciones forestales muestra que los datos de Cotopaxi y de Uruguay son parecidos a los de otros lugares. La síntesis global incluye datos de 52 estudios que comparan plantaciones forestales con pajonales o matorrales adyacentes (Jackson et al. 2005). El cambio promedio en pH después de la forestación en este juego de datos fue de -0,3, igual que en Cotopaxi (Figura 4).

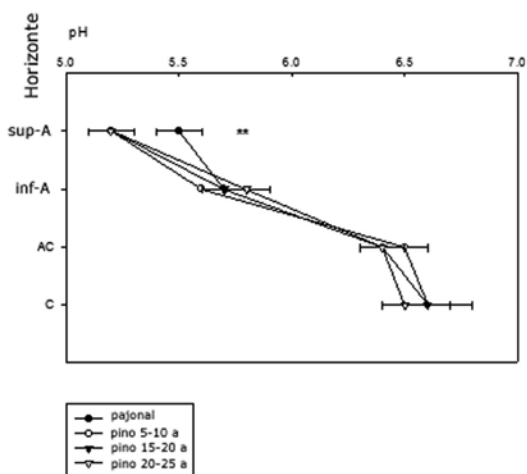


Figura 3. El pH de suelo en el páramo y en las plantaciones de pino adyacentes en Cotopaxi. ** $p < 0,01$. Fuente: Farley y Kelly (2004)



Cantidad de agua

El tema del efecto de las plantaciones forestales sobre la función hídrica es, tal vez, donde la traslación de la información científica a la política ha estado más ausente. La percepción común —que los árboles tienen un efecto positivo sobre la función hídrica en todos los casos— no ha sido consistente con el conocimiento de la hidrología forestal. En el caso del páramo, y también de otros sistemas de pajonal en América del Sur, los datos sobre el flujo de agua después del establecimiento de plantaciones forestales son extremadamente escasos. Sin embargo, se pueden medir otras características que influyen en la función hídrica. En el estudio, en Cotopaxi, se encontró que los suelos bajo los pinos de 20-25 años de edad retuvieron entre 39-63% menos agua que los suelos del páramo y que el efecto fue más fuerte bajo condiciones más secas (Figura 5).

A pesar de la falta de datos locales o regionales sobre el efecto de la forestación en el flujo de agua, se pueden entender las tendencias a través del análisis de los datos que existen a escala global. En una síntesis global sobre el efecto de la forestación sobre el flujo de agua, que incluyó 26 juegos de datos con 504 observaciones, se observó una reducción en el flujo en un promedio de 44% después del establecimiento de plantaciones forestales (Figura 6) (Farley et al. 2005). Los datos indican que el eucalipto suele tener un mayor impacto que el pino y que la pérdida de flujo es mayor cuando la vegetación original es pajonal que cuando la vegetación original es matorral (Farley et al. 2005). Estas reducciones en flujo ocurren como consecuencia de dos mecanismos principales: un incremento de la evapotranspiración, que ocurre con el crecimiento en el área total de hojas, y un mayor acceso al agua profunda, que ocurre con el crecimiento de raíces más profundas.



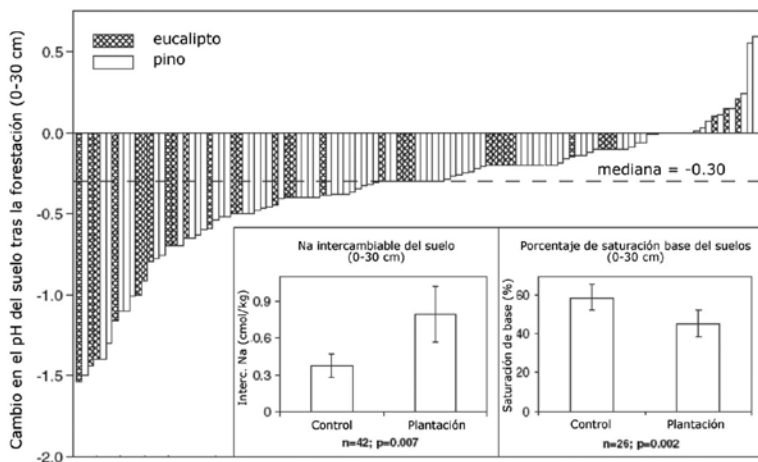


Figura 4. El cambio en el pH del suelo después de la forestación en una síntesis global de plantaciones forestales.
Fuente: Jackson et al. (2005)

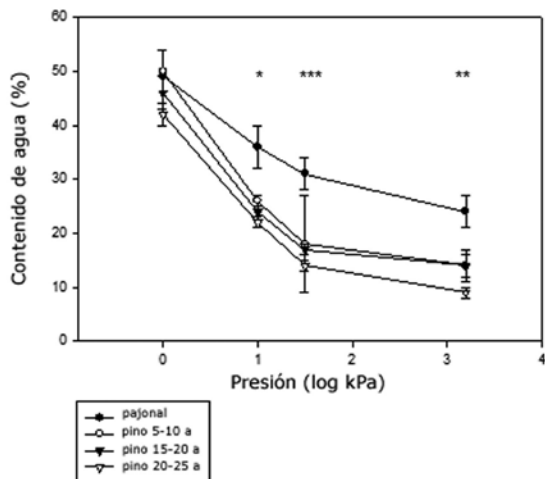


Figura 5. La retención de agua en el suelo del páramo y en las plantaciones de pino adyacentes en Cotopaxi. *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$. Fuente: Farley et al. (2004)



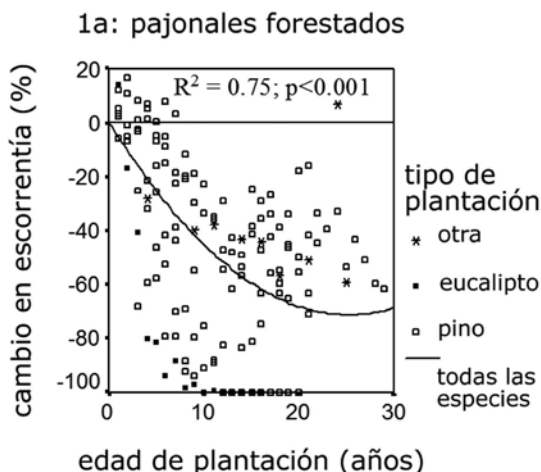


Figura 6. El cambio en la escorrentía después de la forestación de pajonales con pino, eucalipto u otras especies en plantaciones entre 0-30 años de edad. Fuente: Farley et al. (2005)

Calidad de agua

Aún más escasos que los datos sobre el flujo de agua son aquellos sobre el efecto de la forestación sobre la calidad del agua. El efecto esperado o asumido es parecido al caso de la cantidad del agua —que en los árboles siempre tienen un efecto positivo—. Sin embargo, los datos no dejan un patrón tan claro. La mayoría de datos existentes son de casos de forestación en el norte de Europa y existen pocos datos provenientes de América del Sur (Farley et al. 2008). Un estudio reciente que observó los efectos de plantaciones de eucalipto en Uruguay y plantaciones de pino en Argentina produjo un resultado mixto. En el caso argentino, las tendencias fueron significativas solo en un caso de forestación observado, donde bajó el pH. En cambio, en el caso uruguayo, en siete de los ocho casos se observó la acidificación del agua en las cuencas forestadas (Figura 7). Los patrones observados indican que la acidificación es el resultado de la retención de cationes en la biomasa de los árboles y algunos datos preliminares, donde se pudo comparar el pino y el eucalipto

en un solo lugar, indican de que el eucalipto suele causar un efecto de acidificación más fuerte. Sin embargo, hace falta hacer más estudios que incluyan más indicadores de la calidad del agua y que incluyan un mayor número de lugares donde se pueda comparar el efecto de especies forestales diferentes.

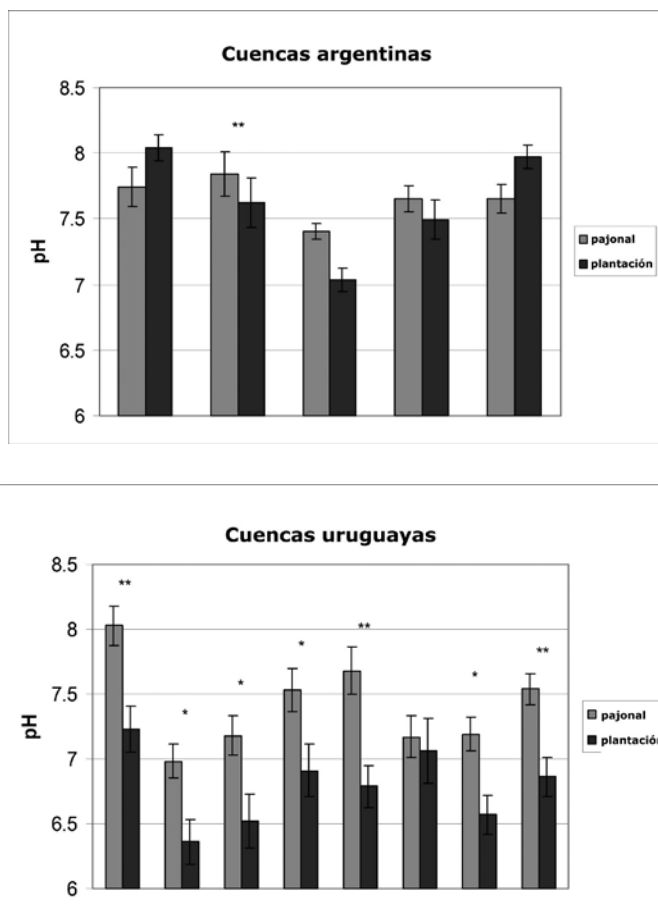


Figura 7. La diferencia en pH en las acequias de cuencas apareadas de pajonal-pino en Argentina y pajonal-eucalipto en Uruguay. ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$. Fuente: Farley et al. (2008)



Los intercambios (*tradeoffs*)⁷ asociados con las plantaciones forestales

Las plantaciones forestales en Ecuador han proporcionado varios beneficios económicos a través de la venta de madera, la venta de productos no maderables como los hongos y, recientemente, la venta de créditos de carbono. A la vez, las plantaciones forestales han sido una fuente de leña importante para muchas comunidades en el país (Kenny-Jordan et al. 1999). En este sentido, algunas de las metas de los programas forestales han sido logradas; específicamente, estos programas han contribuido a las metas de producir madera para la exportación y abastecer de leña. Sin embargo, estos beneficios han venido como parte de un intercambio (o *tradeoff*) de ciertos servicios ambientales. El tipo y la severidad del intercambio o compromiso dependen del uso de suelo y la cobertura vegetal antes del establecimiento de la plantación, de la especie plantada y también del clima y tipo de suelo donde se establecen las plantaciones. En el caso del páramo, el establecimiento de plantaciones forestales provee de ciertos bienes y servicios, pero va en desmedro de otros servicios, como la provisión del agua y la secuestación de carbono del suelo.

Es necesario priorizar los bienes y servicios deseados en el proceso de escoger el uso del suelo más apropiado y es necesario reconocer claramente cuáles servicios se pueden ganar y cuáles se pueden perder bajo los distintos usos. Los datos presentados muestran que los efectos observados después del establecimiento de las plantaciones forestales, en muchos casos, no son los esperados o asumidos. Al nivel político o de los dueños de la tierra, la decisión de fomentar o establecer plantaciones, respectivamente, debe ser tomada con un reconocimiento de los probables *tradeoffs*.

7 La palabra inglesa *tradeoff* se usa comúnmente en estos contextos y puede traducirse de varias formas al español; aquí se usa “intercambio”, aunque también puede entenderse como “compromiso” o “desventaja”. La connotación exacta debe quedar clara en el contexto.



Conclusión

Los datos presentados, tomados en conjunto, indican que los efectos frecuentemente esperados como resultado de las plantaciones forestales —el mejoramiento de la calidad del suelo, la cantidad del agua y la calidad del agua—, en general no se justifican en el caso de plantaciones de pino en pajonales como el páramo. Para proyectos con fines de restauración del páramo, el pino no es la especie ideal debido a la pérdida de materia orgánica y a la acidificación de los suelos bajo el pino. La cuestión de si otras especies forestales pueden cumplir este papel de restauración sigue abierta ya que faltan estudios que demuestren sus efectos. Por el momento, los proyectos de reforestación usando especies de *Polylepis*, por ejemplo, deben hacerse con precaución tomando en cuenta las lecciones del pino: cualquier efecto biofísico positivo no debe ser asumido, sino que debe ser observado antes de empezar una campaña de plantación extensa.

Con respecto a otro efecto esperado: la secuestación de carbono, a pesar de que los pinos pueden secuestrar cantidades substanciales de carbono en su biomasa, la pérdida de carbono del suelo que ocurre a la vez los hace poco adecuados para los proyectos de carbono. Aun con una ganancia neta de carbono total, la pérdida de materia orgánica deja en duda el potencial de estos proyectos para contribuir al desarrollo sostenible, mientras que la redistribución de carbono de abajo de la tierra a arriba de ella puede resultar en una transferencia de una porción del carbono a un sumidero menos estable a largo plazo.

Si bien las plantaciones de pino ofrecen ciertas oportunidades económicas, se debe analizar si es un uso de suelo apropiado en la misma forma que se haría con un uso agrícola, es decir, sin la expectativa de que se va a restaurar el ecosistema y más bien con un enfoque en los beneficios económicos relativos a los probables cambios negativos en la calidad del suelo y la cantidad y calidad del agua.



Bibliografía

- Brown, S., A. E. Lugo y J. Chapman. 1986. *Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget*. Canadian Journal of Forest Research 16: 390-394.
- Farley, K. A. 2007. *Grasslands to tree plantations: forest transition in the Andes of Ecuador*. Annals of the Association of American Geographers 97(4): 755-771.
- Farley, K. A., E. G. Jobbágy y R. B. Jackson. 2005. *Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy*. Global Change Biology 11: 1565-1576.
- Farley, K. A. y E. F. Kelly. 2004. *Effects of afforestation of páramo grassland on soil nutrient status*. Forest Ecology and Management 195: 281-290.
- Farley, K. A., E. F. Kelly y R. G. M. Hofstede. 2004. *Soil organic carbon and water retention following conversion of grasslands to pine plantations in the Ecuadorian Andes*. Ecosystems 7(7): 729-739.
- Farley, K. A., G. Piñeiro, S. M. Palmer, E. G. Jobbágy y R. B. Jackson. 2008. *Stream acidification and base cation losses with grassland afforestation*. Water Resources Research 44: en prensa.
- Guo, L. B. y R. M. Gifford. 2002. *Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis*. Global Change Biology 8(4): 345-360.
- Jackson, R. B., E. G. Jobbágy, R. Avissar, S. B. Roy, D. Barrett, C. W. Cook, K. A. Farley, D. C. Le Maitre, B. A. McCarl y B. C. Murray. 2005. *Trading water for carbon with biological carbon sequestration*. Science 310: 1944-1947.
- Jobbágy, E. G. y R. B. Jackson. 2003. *Patterns and mechanisms of soil acidification in the conversion of grasslands to forests*. Biogeochemistry 64: 205-229.
- Kenny-Jordan, C. B., C. Herz, M. Añazco y M. Andrade. 1999. *Construyendo Cambios: Desarrollo Forestal Comunitario en los Andes*. Rome, FAO.
- Rudel, T. K., O. T. Coomes, E. Moran, F. Achard, A. Angelsen, J. C. Xu y E. Lambin. 2005. *Forest transitions: towards a global understanding of land use change*. Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions 15(1): 23-31.
- van Dijk, A. I. J. M. y R. J. Keenan. 2007. *Planted forests and water in perspective*. Forest Ecology and Management 251(1-2): 1-9.