
C. Llerena, R. M. Hermoza, L. M. Llerena

PLANTACIONES FORESTALES, AGUA Y GESTIÓN DE CUENCAS

Los árboles son los seres vivos más grandes de la Tierra y los miembros más complejos, prósperos y diversos del reino vegetal, con más de 80.000 especies que pueblan nuestro planeta desde hace 370 millones de años. Desde que aparecieron cumplen un papel fundamental en la regulación del clima global al absorber dióxido de carbono¹ y evapotranspirar ingentes cantidades de agua hacia la atmósfera. Los árboles fueron para el hombre primitivo, desde que este hizo su aparición hace 5 millones de años, apoyo vital como sombra, refugio, alimento, combustible y materia prima para muchos productos.

Las plantaciones forestales surgieron luego de la selección y domesticación de las mejores especies de árboles por su valor alimenticio, utilitario y comercial. Son famosas las plantaciones fallidas de Morera de la China en Inglaterra para la producción de seda a mediados del siglo XIX, cuando se plantó por error Morera Negra (*Morus nigra*) en lugar de Morera Blanca (*Morus alba*); y la de 1,6 millones de Ha del “Proyecto Jarí” en la Amazonia brasileña, predominantemente un monocultivo de *Gmelina arborea* para la producción de pulpa para papel, desarrollada por el excéntrico multimillonario estadounidense Daniel Ludwig en 1967.² Es conocido asimismo el

¹ Linford, J.: *El árbol: Una maravilla de la naturaleza*. Bath: Parragon Books Ltd., 2006.

² Linford, *op. cit.*, 2006. Fearnside, P. M. y J. M. Rankin: “Avaliação de Jarí florestal e agropecuária Ltda. como modelo para o desenvolvimento da Amazonia”, en *Acta Amazônica* n.º 9, pp. 609-615, 1979. Fearnside, P. M. y J. M. Rankin: “The New Jarí: Risks and

muy exitoso proyecto de plantar shiringa o caucho (*Hevea brasiliensis*) en Malasia para la producción de jebe a gran escala a inicios del siglo XX.³ Cien años después, las plantaciones forestales son hoy de muy alta tecnología tanto en la producción y el mantenimiento de los rodales como en su rendimiento y cosecha, al punto que se han desarrollado variedades y clones de árboles de muy rápido crecimiento con técnicas de mejoramiento genético convencional, con mayor eficiencia en el uso del agua en términos de peso de biomasa producida por peso de agua consumida,⁴ hasta individuos genéticamente modificados que, de acuerdo con algunos especialistas, podrían generar un futuro incierto para los bosques nativos.⁵

A pesar de la polémica, los bosques plantados son un tema forestal central de importancia social, económica y ambiental que siempre está presente como proyecto de desarrollo rural en las agendas de todos los gobiernos, como una opción para la ocupación de tierras marginales agrícolas, con fines de protección y/o producción.⁶ Las ONG y las agencias internacionales no son ajenas a estos proyectos; probablemente sus dos esfuerzos más grandes en esta línea son, respectivamente, el *Global ReLeaf*, iniciado en 1988 y cuya segunda fase, la actual, espera plantar 100 millones de árboles hasta el año 2020;⁷ y la campaña de Naciones Unidas lanzada en el 2006 para plantar mil

Prospects of a Major Amazonian Development”, en *Interciencia* n.º 7, pp. 329-339, 1982. Fearnside, P. M. y J. M. Rankin: “Jarí Revisited: Changes and the Outlook for Sustainability in Amazonia’s Largest Silvicultural State”, en *Interciencia* n.º 10, pp. 121-129, 1985. Jordan, C. F. y C. E. Russell: “Jarí: Productividad de las plantaciones y pérdida de nutrientes debido al corte y quema. Comunicados”, en *Interciencia* n.º 8, pp. 294-296, 1983.

³ Linford, *op. cit.*, 2006.

⁴ Lima, W. de P.: *Impacto ambiental do eucalipto*. Sao Paulo: Edusp, 1993. Dye, P. J.: “Water Use Efficiency in South African *Eucalyptus* Plantations: A Review”, en *Southern African Forestry Journal* n.º 189, pp. 17-26, 2000. Pammenter, N. W.: “Water Use Efficiency: What are the Implications for Plantation Forestry?”, en *Southern African Forestry Journal* n.º 195, pp. 73-78, 2002. Cossalter, C. y C. Pye-Smith: “Fast-Wood Forestry, Myths and Realities”. Bogor: CIFOR/WWF/IUCN y Forest Trends, 2003. Stape, J. L., D. Binkley y M. G. Ryan: “*Eucalyptus* Production and the Supply, Use and Efficiency of Use of Water, Light and Nitrogen across a Geographic Gradient in Brazil”, en *Forest Ecology and Management* n.º 193, pp. 17-31, 2004. Gulamhussein, S.: “Water-Use Efficiency in Hawaiian Trees: An Eco-physiological Approach and Methodology”, en *Tropical Resources* n.º 24, pp. 30-33, 2005.

⁵ WRM: *Las plantaciones no son bosques*. Montevideo: Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, 2003. Cossalter y Pye-Smith, *op. cit.*, 2003. Lang, C.: *Árboles genéticamente modificados, la amenaza definitiva para los bosques*. Montevideo: WRM, Amigos de la Tierra, 2004.

⁶ Whitmore, J. L.: “La Importancia Social y Ambiental de las Plantaciones Forestales”. Reunión IUFRO, 1998.

⁷ American Forest: <<http://www.americanforests.org/>>, 2007.

millones de árboles solo este año,⁸ inspirada en los esfuerzos de reforestación en el África llevados a cabo desde 1977 por la profesora universitaria keniana Wangari Maathai, Premio Nobel de la Paz 2004.

PLANTACIONES FORESTALES

Una plantación forestal es un ecosistema boscoso establecido por medio de la instalación en el terreno de plántulas, semillas o ambos, en el proceso de forestación o reforestación.⁹ Para el PRONAMACHCS y la FAO,¹⁰ es la acción de plantar árboles en una zona para que se desarrollen con diferentes propósitos. Para que esto ocurra se debe llevar a cabo previamente un proceso de planificación que ha de considerar los siguientes factores: la elección de las especies, el sitio de la plantación (propiedad, clima, agua, suelos, topografía), la calidad de las plantas y las técnicas utilizadas. Este proceso se inicia con la preparación de almácigos de semillas de buena calidad, la cuidadosa producción de plantas en vivero y la plantación en el terreno final, luego de la cual se debe prever su protección y las labores silviculturales que esta requiera como elementos fundamentales del manejo forestal.¹¹ Para FAO,¹² una plantación forestal es un “bosque plantado”. Esta definición no solo es inaceptable para el WRM, Mattoon y otros;¹³ además, estos autores encuentran que una plantación forestal, en especial los monocultivos de especies exóticas para pulpa y papel, son radicalmente diferentes de un bosque, por su composición, estructura, baja capacidad para sostener otras formas de vida y, especialmente, por sus fuertes impac-

⁸ UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente): “Planta para el planeta: Campaña de los Mil Millones de Árboles”, en: <<http://www.unep.org/billiontreecampaign/>>, 2007.

⁹ Helms 1998, citado por Carnus, J. M., J. Parrota, E. Brockerhoff, M. Arbez, H. Jactel, A. Kremer, D. Lamb, K. O’Hara y B. Walters: “Planted Forests and Biodiversity”, en *Journal of Forestry* n.º 104 (2), pp. 65-77, 2006.

¹⁰ PRONAMACHCS/FAO: *Manual de plantaciones forestales para la sierra peruana*. Lima: Gobierno de los Países Bajos, 1998a.

¹¹ PRONAMACHCS/FAO: *Manejo de plantaciones forestales*. Lima: Gobierno de los Países Bajos, 1998b.

¹² FAO: “Situación de los bosques del mundo”, en: <<http://www.fao.org>>, 2006. FAO: “Ordenación responsable de los bosques plantados: Directrices voluntarias”. Documento de trabajo sobre los bosques y árboles plantados FP37S. Roma: FAO-Departamento Forestal, 2007.

¹³ WRM: “Pulpwood Plantations: A Growing Problem”. Montevideo: World Rainforest Movement, Briefing Paper, Plantations Campaign, 1999. WRM, *op. cit.*, 2003. WRM: Boletín n.º 118, en: <<http://www.wrm.org.uy/inicio.html>>, 2007. Mattoon, A. T.: “Paper Forests”, en *World Watch*, marzo/abril, pp. 20-28, 1998.

tos ambientales, sociales y económicos (subsidios). Frente a estas reacciones, varios organismos internacionales desarrollaron interesantes análisis de los pros y contras de las plantaciones,¹⁴ y la FAO¹⁵ produjo un documento de trabajo sobre la ordenación responsable de los bosques plantados. Un mecanismo ya más experimentado que busca igualmente controlar impactos y dar sostenibilidad ambiental, económica y social a las plantaciones forestales es el de “certificación forestal”,¹⁶ aunque este tampoco está libre de críticas.

Plantaciones con fines de producción: Es el establecimiento de bosques con el propósito de obtener bienes tales como madera, leña, carbón, resinas, frutos, corteza, hojas, miel y otros en forma continua y sostenida.¹⁷ Se estima que este tipo de plantaciones, en especial las de “árboles de rápido crecimiento” para la producción de papel y madera, se incrementa globalmente a un ritmo de un millón de Ha al año.¹⁸

Plantaciones con fines de protección: Es el establecimiento de árboles y bosques con el fin de mantener la estabilidad del medio (en laderas, valles o riberas), de acuerdo con la capacidad de uso mayor del terreno (“Protección”), con fines de rehabilitación de áreas degradadas y combinadas con arbustos y otras plantas en fajas o barreras cortavientos, para la protección de cultivos y propiedades. Hay una variedad de situaciones que requieren de este tipo de plantación como taludes, cárcavas, áreas en proceso de erosión, etcétera.¹⁹

Plantaciones con fines de servicios ambientales: Tales como captura de carbono, mejora de la calidad del agua y mantenimiento o incremento de la biodiversidad local natural. Es interesante anotar el cálculo de Houghton,²⁰ que señala que sería necesario reforestar entre 500 millones de Ha y 1.000 millones de Ha para controlar el calentamiento global, siempre y cuando se detenga la deforestación y los combustibles fósiles sean reemplazados por biocombustibles derivados de la madera. Este tipo de plantaciones se ha

¹⁴ Cossalter y Pye-Smith, *op. cit.*, 2003. FAO, *op. cit.*, 2006.

¹⁵ FAO, *op. cit.*, 2006.

¹⁶ FSC: “Forest Stewardship Council”, en: <<http://www.fsc.org>>, 2007.

¹⁷ PRONAMACHCS y FAO, *op. cit.*, 1998a.

¹⁸ Cossalter y Pye-Smith, *op. cit.*, 2003.

¹⁹ PRONAMACHCS y FAO, *op. cit.*, 1998a.

²⁰ Houghton, R.: “The Future Role of Tropical Forests in Affecting the Carbon Dioxide Concentration of the Atmosphere”, en *Ambio* n.º 19 (4), pp. 204-209, 1990, citado por Llerena, C. A.: “Contaminación atmosférica, efecto invernadero y cambios climáticos: Sus impactos forestales”, en *Revista Forestal del Perú* n.º 18 (2), pp. 101-135, 1991a.

visto favorecido luego de que en el Protocolo de Kioto se plantearan como uno de los “mecanismos de desarrollo limpio” las plantaciones forestales como sumideros de carbono.²¹

Plantaciones con fines ornamentales u otros: En zonas urbanas o rurales con fines decorativos, paisajísticos, de salud y, en general, de mejora del entorno; y como linderos o cercos para delimitación de propiedades. Un estudio en Francia²² revela que una hectárea de bosque puede retener anualmente de 30 toneladas a 80 toneladas de polvillo atmosférico que se deposita en sus hojas y luego es lavado por las lluvias. La importancia y los múltiples beneficios de la arborización y de la existencia de áreas verdes urbanas en América Latina son destacados por la División Ambiental del Banco Interamericano de Desarrollo.²³

PLANTACIONES FORESTALES EN EL MUNDO

En el siglo XVIII nació en Alemania la ciencia forestal, en gran parte por la necesidad y la urgencia de reforestar. Las fuertes demandas de madera, leña y carbón vegetal de la navegación, la industria minera y de la economía en general, habían acabado con una buena porción de los bosques alemanes y europeos, de manera que era preciso reorganizar la administración forestal, confiada hasta entonces a gente del campo y a empleados diversos. Entre 1770 y 1787 se desarrolló la cátedra de Ciencias Forestales en la Universidad de Freiburg en la Selva Negra, y luego fueron surgiendo otras escuelas que enrolaron estudiantes de otros países europeos como Francia, Rusia y España. La primera Escuela de Ingenieros de Montes de España, con varios profesores alemanes, se fundó en 1848 y tuvo gran actividad en la repoblación forestal de la península, así como gran influencia en los futuros trabajos de restauración hidrológico-forestal.²⁴

²¹ UNFCCC: “Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Actividades en Proyectos de Forestación y Reforestación como Mecanismos de Desarrollo Limpio”, en: <http://cdm.unfccc.int/Projects/pac/pac_ar.html>, 2007. Valera, G.: “Plan de Acondicionamiento Territorial, Provincia de San Pablo. Sistematizando las experiencias del Proyecto Regional de Cuencas Andinas”. CIP/CONDESAN/GTZ/REDCAPA, Río Plus/CEDEPAS, 2007.

²² Bercoux, J.: “Los bosques ya no son una fábrica de madera”, en *Francia Informaciones* n.º 50, pp. 22-29, 1973.

²³ BID: “Introduction to Urban Greening”. Washingto, D. C.: Banco Interamericano de Desarrollo, División Ambiental, 1996 (borrador).

²⁴ Manderscheid, E. B.: *Los montes de España en la historia*. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar, 2003. Rodríguez, J. N.: *Restauración hidrológico-forestal da la cuenca del torrente Arás*. Madrid: TRAGSA-TRAGSATEC, 2001. López, C. D. F., director: *Restauración*

De acuerdo con FAO,²⁵ la extensión de las plantaciones forestales se ha incrementado en todo el mundo con excepción del África, y su oferta total de madera se aproxima al 50% de la oferta global en un área que alcanza solo el 7% de la extensión de los bosques naturales. El cuadro 1, que muestra las últimas estadísticas oficiales de FAO (2007), presenta a los diez países con mayor extensión de plantaciones forestales; sin embargo, como reconoce el autor y como se nota en la información presentada, esta no es completa en varios países. Japón, por ejemplo, aparece originalmente con más de 10 millones de Ha de bosques plantados pero con una extensión nula de bosques de producción. Es sabido que este país cuenta con un comercio local importante de madera de especies nativas valiosas para fines económicos, culturales, religiosos y decorativos, por lo que se estima, consultando información oficial,²⁶ que la extensión de plantaciones productivas en Japón debe de ser de unos 1,5 millones de Ha.

Cuadro 1
Los diez países con mayor superficie de bosques plantados en 2005
(x 1.000 Ha)

País	Total	Producción	Protección
China	71.326	54.102	17.224
India	30.028	17.134	12.894
Estados Unidos de América	17.061	17.061	0
Federación de Rusia	16.963	11.888	5.075
Japón	11.821	1.500*	10.321
Suecia	9.964	9.964	0
Polonia	8.757	5.616	3.141
Sudán	6.619	5.677	943
Brasil	5.384	5.384	0
Finlandia	5.270	5.270	0
Total	181.693	132.095	49.597

* Estimado con base en información de JFTA.²⁷

hidrológico-forestal de cuencas y control de la erosión: Ingeniería Medioambiental. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente/TRAGSA/Mundi Prensa, 1998. Martínez, L. y A. González: "Primera aproximación a los modelos culturales de *P. sylvestris* y *P. pinaster* procedentes de repoblación en la Sierra de la Culebra (Zamora)", en *Montes* n.º 80, pp. 10-18, 2005.

²⁵ FAO, *op. cit.*, 2006 y 2007.

²⁶ JFTA: "Forestry in Japan". Japan Forest Technical Association, Forestry Agency, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 1981.

²⁷ *Ibid.*

Fuente: FAO.²⁸

La China es la primera potencia mundial, con más de 71 millones de Ha plantadas. A esta cifra hay que sumarle el área adicional de su extenso Programa de Conversión de Laderas para transformar cultivos agrícolas en 15 millones de Ha de laderas en 2 mil centros poblados de veinticinco provincias a terrenos forestados, con un presupuesto total de 40 mil millones de dólares y con la participación de 15 millones de campesinos.²⁹

Indonesia es otro país forestal tradicional que ha sobreexplotado fuertemente sus bosques naturales y acaba de lanzar un gran plan de plantaciones que es considerado como la única manera de revertir la pobre situación forestal actual del país, antes potencia maderera mundial. El Gobierno de Indonesia está licitando un programa de reforestación en 59,2 millones de Ha de bosques degradados, y este año planea plantar 2 mil millones de plantas en 2 millones de Ha ubicadas a lo largo de 318 zonas de riberas y valles, con un presupuesto de 445 millones de dólares.³⁰

Un tercer país interesante en este contexto es Sudáfrica, con más de 1,5 millones de Ha reforestadas con eucalipto, pino y acacia con fines de producción. En este país se iniciaron desde hace varias décadas discusiones y estudios científicos que luego se validaron y plasmaron en sus normas y regulaciones internas de uso de la tierra que les permiten controlar el impacto de las plantaciones en los caudales de las cuencas.³¹

²⁸ FAO, *op. cit.*, 2007.

²⁹ Zhigang Xu, M. T. Bennett, Ran Tao y Jintao Xu: "China's Sloping Land Conversion Programme Four Years On: Current Situation and Pending Issues", en *International Forestry Review* n.º 6 (3-4), pp. 317-326, 2004.

³⁰ ITTO: "Tropical Market Report" (abril). International Tropical Timber Organization, Yokohama, en: <<http://www.itto.or.jp>>, 2007.

³¹ Nänni, U. W.: "Trees, Water and Perspective", en *South African Forestry Journal* n.º 75, pp. 9-17, 1970. Bosch, J. M. y K. Von Gadow: "Regulating Forestation for Water Conservation in South Africa", en *Southern African Forestry Journal* n.º 153, pp. 41-54, 1990. Van der Zel, D. W.: "Accomplishments and Dynamics of the South African Afforestation Permit System", en *Southern African Forestry Journal* n.º 172, pp. 49- 58, 1995. Scott, D. F. y W. Lesch: "The Effects of Riparian Clearing and Clearfelling of an Indigenous Forest on Streamflow, Stormflow and Water Quality", en *Southern African Forestry Journal* n.º 175, pp. 1-14, 1996. Dye, P. J.: "Climate, Forest and Streamflow Relationships in Southern African Afforested Catchments", en *Commonwealth Forestry Review* n.º 75 (1), pp. 31-38, 1996. Dye, *op. cit.*, 2000. Pott, R. McC.: "Plantation Forestry in South Africa and its Impact on Biodiversity and Water", en *Southern African Forestry Journal* n.º 180, pp. 45-48, 1997. Zwolinski, J. B.: "Palmer Drought Indices and their Application to Plantation Establishment Strategies", en *Southern African Forestry Journal* n.º 178, pp. 9-13, 1997. Scott, D. F., D. C. Le Maitre y D. F. K. Fairbanks: "Forestry and Streamflow Reduction in South Africa: A Reference System for Assessing Extent and Distribution", en *Water SA* n.º 24 (3), pp. 187-200, 1998. DWAf: "Water Conservation and Demand Management

En Sudamérica las estadísticas las encabeza el Brasil, con más de 6 millones de Ha de bosques plantados y una gran actividad en plantaciones forestales, tanto de pequeños y medianos reforestadores como de grandes emprendimientos privados; de estos últimos, solo uno, el de Jarí, instalado en la selva amazónica en 1967, ocupa 1,6 millones de Ha.³² En el 2006 se establecieron en el Brasil 627 mil Ha de plantaciones forestales con fines industriales, sobre todo de eucaliptos, pinos y teca, lo que representa, de acuerdo con el Servicio Forestal Brasileño y la Secretaría de Biodiversidad y Bosques del Ministerio del Medio Ambiente, un récord histórico: por primera vez un país plantó más de mil millones de árboles en un año.³³ Chile, con casi 2,5 millones, es el segundo mayor país reforestador del continente, seguido por el Uruguay, que ha crecido mucho en los últimos años y cuenta ya con más de 700 mil Ha plantadas con fuerte inversión extranjera. Luego aparece Colombia, con más de 300 mil. Las estadísticas oficiales peruanas que muestran más de 700 mil Ha reforestadas,³⁴ además de ser incoherentes con otras informaciones oficiales afines, se encuentran bastante infladas. Esto fue reconocido hace algunos años por las autoridades de un gobierno anterior, quienes declararon en forma autocrítica que el número de hectáreas plantadas se calculaba en función de las plantas producidas en los viveros, supuestamente todas llevadas al campo definitivo y plantadas a un espaciamiento de 3 m x 3 m, lo que daba un total teórico de 1.111 plántulas por Ha y un total de hectáreas con árboles plantados. En estos datos la FAO³⁵ solo nos muestra estadísticas regionales, como puede verse en el cuadro 2, que presenta incrementos anuales decrecientes para el quinquenio 2000-2005.

A pesar de que el Brasil es el país con mayor actividad reforestadora, y también con los más severos problemas de impacto social y ambiental de esta actividad, muy criticados,³⁶ en el Perú nos comparamos, no obstante las obvias diferencias, mucho más con Chile, donde la forestación con es-

Strategy for the Forest Sector in South Africa". Department for Water Affairs and Forestry S.A., 2000. Pammeter, *op. cit.*, 2002.

³² Fearnside y Rankin, *op. cit.*, 1979, 1982 y 1985. Jordan y Russell, *op. cit.*, 1983.

³³ Da Motta, L.: "Brasil plantou um bilhão de árvores florestais em 2006". Notícias. Brasília, 22 de marzo del 2007, en: <<http://www.sfb.gov.br/>>.

³⁴ MINAG/INRENA/PRONAMACHCS/FONDESBOQUE/BSO/IIAP: "Plan Nacional de Reforestación Perú 2005-2024". Lima: Ministerio de Agricultura/Instituto Nacional de Recursos Naturales/Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos/Fondo de Promoción del Desarrollo Forestal/Bosques, Sociedad y Desarrollo/Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, s/f.

³⁵ FAO, *op. cit.*, 2007.

³⁶ WRM, *op. cit.*, 2003. DeñNadai, A., W. Overbeek y L. A. Soares: "Plantaciones de eucalipto y producción de celulosa: Promesas de empleo y destrucción del trabajo: El caso de Aracruz Celulosa en Brasil". Montevideo: WRM, 2005.

pecies exóticas de rápido crecimiento se incentivó a partir de fines de la década de 1970 mediante una política estatal de subsidios. Estos subsidios

Subregión	Superficie (1.000 Ha)			Variación anual (1.000 Ha)	
	1990	2000	2005	1990/ 2000	2000/ 2005
Caribe	394	394	451	0	11
América Central	83	211	274	13	13
América del Sur	8.231	10.574	11.357	234	157
Total de América Latina y el Caribe	8.708	11.180	12.082	247	180
Total mundial	101.234	125.525	139.466	2.424	2.788

Fuente: FAO.³⁷

a las empresas aún existen, pues empresas y sectores del Estado pretenden especies exóticas de rápido crecimiento se incentivó a partir de fines de la década de 1970 mediante una política estatal de subsidios. Estos subsidios a las empresas aún existen, pues empresas y sectores del Estado pretenden duplicar el área forestada de monocultivos para alcanzar unos 5 millones de Ha plantadas en los próximos quince años. Así, las exportaciones forestales, que hoy suman unos 2.500 millones de dólares, deberían alcanzar los 6 mil millones de dólares en el 2010 y unos 10.000 millones de dólares en el 2025. Sin embargo, ante estas perspectivas de aparente bonanza general, aparecen representantes de comunidades locales y de la sociedad civil que afirman que la industria forestal es el factor que más ha influido en el daño a los ecosistemas de agua dulce en las zonas de la cordillera de la costa chilena y en los valles centrales. Esta apreciación es corroborada por estudios del doctor Anton Huber del Instituto de Geociencias de la Universidad Austral de Chile, que en el 2003 concluyó que:

[...] en comparación con las praderas o matorrales, las plantaciones forestales de *Pinus radiata* establecidas en la zona centro sur de Chile, reducen la disponibilidad de agua debido fundamentalmente a las pérdidas por intercepción del dosel. Como respuesta a esto, disminuye la cantidad de agua percolada que recarga los acuíferos, es decir el agua de lluvia no logra llegar a las capas subterráneas de donde se alimentan diversos cursos fluviales.³⁸

³⁷ *Ibid.*

³⁸ Ecoocéano: <<http://www.adital.org.br>>, 2006.

En Chile también se insiste mucho en la certificación de plantaciones.³⁹
PLANTACIONES FORESTALES EN EL PERÚ

BREVE HISTORIA

De acuerdo con el INFOR,⁴⁰ la reforestación moderna en el Perú se remonta al año 1860, con la introducción del eucalipto (*E. globulus*) por la Iglesia Católica en terrenos de la Misión de Ocopa, cercana a la ciudad de Huancayo, valle del río Mantaro, en Junín. A partir del éxito local de esta especie, su uso se extendió rápidamente primero a las minas andinas y luego a los durmientes del ferrocarril. Es probable que una de las más tempranas referencias a la actividad de reforestación peruana sea la indicada por Rostworowski⁴¹ en Lambayeque durante 1945. Se conoce que hasta el año 1963 esta se hacía casi exclusivamente por iniciativa privada, por la necesidad de las compañías mineras de atender sus propias demandas de madera.⁴² El periodo de mayor fuerza y continuidad de plantaciones forestales promovidas por el entonces Servicio Forestal y de Caza del Ministerio de Agricultura ocurrió en la sierra entre las décadas de 1960 y 1970, en forma de plantaciones cooperativas con el llamado “crédito supervisado” con plazos de veinte años y una tasa de interés del 2% anual.⁴³ En 1974 se desarrolló un importante proyecto base⁴⁴ y se iniciaron las plantaciones extensivas en Cajamarca; en 1975 se realizó en el Cusco la Primera Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales; en 1976 se llevó a cabo en Lima una importante reunión de Evaluación de las Plantaciones Forestales; y en 1977 el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) inició las actividades del Proyecto Reforestación en las Zonas Altas del Perú y los ensayos de especies forestales en los Andes

³⁹ Lara, A., C. Donoso y J. C. Aravena: “La conservación del bosque nativo en Chile: Problemas y desafíos”, en J. J. Armesto, C. Villagrán y M. K. Arroyo, editores: *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Santiago de Chile, 1996, pp. 335-361.

⁴⁰ INFOR: “Ensayos de especies forestales exóticas y guía para su zonificación en la sierra peruana”. Lima: Instituto Nacional Forestal y de Fauna/MINAG/FAO Holanda/INFOR, 1985.

⁴¹ Rostworowski, M.: *Recursos naturales renovables y pesca, siglos XVIñXVII /Curacas y sucesiones, costa norte. Obras completas*, IV. Lima: IEP, 2005.

⁴² Ocaña, D.: *Desarrollo forestal campesino en la región andina del Perú*. Lima: MINAG/FAO Holanda/PRONAMACHCS, 1996.

⁴³ *Ibid.* MINAG *et al.*, *op. cit.*, s/f.

⁴⁴ López, R., M. González, J. Vergara y E. Mucha: *Proyecto de Plantaciones Forestales con Fines Industriales*. Cajamarca: UNALM-DMF/MINAG-DGFF/Programa de Desarrollo de Cajamarca Proyecto 03: “Aprovechamiento de Laderas de los Valles Interandinos”. Lima, 1974.

con apoyo canadiense.⁴⁵ Entre 1978 y 1985 el Estado impulsó la reforestación en la sierra con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y préstamos del Banco Agrario, con baja tasa de interés. Entre 1985 y 1995 se dio la modalidad de reforestación para el desarrollo forestal comunal, con la vigencia del Proyecto FAO-Holanda,⁴⁶ continuado por el Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS). Hubo asimismo, hacia fines de la década de 1990, un proyecto gubernamental inconcluso impulsado por el lanzamiento de los Mecanismos de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto conocido como “Sierra Verde”, que programó originalmente, con inusitado entusiasmo, plantar 2 millones de Ha en la sierra. Son también destacables los esfuerzos de investigación y de plantaciones forestales en la Amazonia en el B.N. A. Von Humboldt, en Jenaro Herrera y en la selva central (Chanchamayo, Oxapampa y Villarrica), así como los logros alcanzados por algunos comités de reforestación en bosques amazónicos.⁴⁷ Existen asimismo diversos reportes de éxitos de esfuerzos de reforestación a pequeña escala por comunidades nativas y de colonos en zonas de selva alta y baja. Los avances en reforestación en la región de la costa, con excepción de algunos esfuerzos trunco para usar los caudales de aguas servidas de Lima en la década de 1980 y lo acontecido con el

⁴⁵ *Ibid.* Gillis, M. y T. F. Flores: “Las plantaciones forestales en Cajamarca”. Cajamarca: CICAFOR/INFOR/CTB, 1983. IICA y MINAG: *1.ª Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales*. Lima: IICA/ MINAG, 1975. IICA y MINAG: *Evaluación de las plantaciones forestales del Perú*. Lima: IICA/MINAG, 1976. Rocca, L. y A. Aguirre: “Ensayo de especies forestales en los Andes del Perú”. Lima: INIA/DGIFFS. Informe final del Proyecto de Reforestación en las Zonas Altas del Perú. Informe Técnico 0.4/2.3, n.º 1, 1990.

⁴⁶ Ocaña, *op. cit.*, 1996. Kenny-Jordan, C. B., C. Herz, M. Añazco y M. Andrade: *Construyendo cambios*. Quito: Desarrollo Forestal Comunitario Andino/FAO Holanda, 1999.

⁴⁷ Flachsenberg, H.: “Consideraciones generales del proyecto: Informaciones sobre organización, política, metas y avances del Proyecto Peruano-Alemán Desarrollo Forestal y Agroforestal en la Selva Central”. San Ramón: INFOR/GTZ, 1985. Bockor, I.: “Resultados preliminares de los ensayos de especies y procedimientos en campo abierto”. Documento de Trabajo n.º 61, Proyecto Peruano-Alemán Desarrollo Forestal y Agroforestal en la Selva Central. San Ramón: INFOR/GTZ, 1986. Carrera, G. F.: “Experiencias y resultados de las plantaciones forestales en la zona forestal Alexander Von Humboldt”. Documento de Trabajo n.º 5. Pucallpa: CENFOR XII/INFOR-COTESU, 1987. Claussi A., D. Marmillod y J. Blaser: *Descripción silvicultural de las plantaciones forestales de Jenaro Herrera*. Iquitos: IIAP CIJH, 1992. Lombardi, I. y C. A. Llerena: “Análisis de los trabajos de investigación en silvicultura y manejo forestal realizados en el Trópico Húmedo del Perú”. Documento en CEDINFOR, FCF-UNALM, preparado para el proyecto FAO-Japón y no publicado. Lima, 1993.

Proyecto Algarrobo⁴⁸ en Piura y Lambayeque, con importantes acciones de investigación y desa-rollo agroforestal y la autorregeneración de estos bosques por efecto de los eventos extremos de lluvias de El Niño, han sido muy escasos.

Hasta el 2002 y casi por veinte años, en el Perú el establecimiento de plantaciones forestales en la sierra con fines de protección y producción (en menor escala) estuvo a cargo sobre todo del PRONAMACHCS⁴⁹ y se ha realizado con resultados variables. La desactivación de la reforestación en el PRONAMACHCS se puede observar en el contraste entre el número de especialistas forestales con que llegó a contar en la década de 1990 y el actual: 150 y 10. Desde hace algunos años el Fondo de Promoción del Desarrollo Forestal (FONDEBOSQUE) despliega una importante actividad de promoción de la reforestación con fines productivos, y actualmente se está iniciando en el Perú el Plan Nacional de Reforestación,⁵⁰ cuyo documento oficial (RS 002-2006-AG) señala que al 2003 la reforestación en el Perú cubría 755.471 Ha, de las cuales aproximadamente 77% se encuentra en la sierra, 12% en la selva y 11% en la costa. Sobre esta cifra oficial ya se indicó su notable sobreestimación, ocurrida especialmente durante la última década.

ASPECTOS TÉCNICOS Y AMBIENTALES

Además de sus fundamentales aspectos silviculturales y dasonómicos, el tema del área por ocupar por el proyecto de reforestación nacional es de especial interés, teniendo en cuenta la ocupación del territorio, la tenencia de la tierra, su cobertura actual, la oferta hídrica de la cuenca y la demanda de la plantación. El PNR⁵¹ expresa que el área con potencial para la reforestación en el país es de 10,5 millones de Ha, 7,5 en sierra, 2,5 en selva y 0,5 en costa. Sin embargo, cuando se anuncian los planes de reforestación se mencionan solo 1 o 2 millones de Ha, sin indicar aún los sitios más probables donde se espera plantar en selva, sierra o costa. La definición clara de los lugares en los que se espera instalar plantaciones extensivas es uno de

⁴⁸ INRENA: *Bosques secos y desertificación. Proyecto Algarrobo*. Lambayeque: INRENA, 1998. Vera Tudela, J., J. Trías, G. Morales, L. Albán, J. Romero, M. Matorel y E. Pineda: “Programa Piloto de Reforestación Extensiva con Algarrobo (*Prosopis juliflora*) en Región Desértica”, en *Bosques secos y desertificación, Proyecto Algarrobo*. Lambayeque: INRENA, 1998.

⁴⁹ PRONAMACHCS y FAO, *op. cit.*, 1998a, 1998b.

⁵⁰ MINAG *et al.*, *op. cit.*, *s/f*.

⁵¹ *Ibid.*

los temas de mayor importancia en este emprendimiento, por las implicancias e impactos que este probable nuevo uso de la tierra puede tener en el medio, en especial en el agua y en sus pobladores.⁵² Un concepto clave aquí es el de capacidad de uso de la tierra, que, aunque ahora se expresa más comúnmente como de zonificación ecológico-económica (ZEE) basada en el ordenamiento territorial,⁵³ se sustenta originalmente en el Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor (DS 390ñ71AG), de 1971 y aún vigente, con base en el cual se produjo un mapa del Perú a escala 1:1'000.000 que indica entre sus categorías de uso la de "Producción forestal", relacionada especialmente con el aprovechamiento de bosques naturales pero que incluye también áreas marginales agrícolas y de laderas como espacios para forestar. Sin embargo, la escala de esta información y los datos del sitio no son adecuados para el propósito de las plantaciones forestales que se espera llevar a cabo, entre los cuales, además, casi nunca se considera específicamente la información del agua. Existen, asimismo, varios proyectos regionales de ordenamiento territorial y ZEE terminados o en ejecución en Madre de Dios, San Martín, Pasco, Cusco, Tacna y otros, que afinan la escala y permiten mejores posibilidades de planeamiento del proyecto desde el punto de vista biofísico. A los tradicionales métodos de planeamiento regional o local de plantaciones por medio de estudios de campo, de laboratorio y gabinete con uso de cartografía y climatogramas para la selección de variedades y procedencias de especies, se suman hoy métodos modernos para encontrar la especie óptima para un sitio determinado. Las computadoras, los satélites, los sistemas de información geográfica y la tecnología actual permiten contar con datos precisos y modelos que facilitan la toma de decisiones.⁵⁴ Adicionalmente, se desarrollan técnicas

⁵² FAO, *op. cit.*, 2006.

⁵³ GTZ: "Bases conceptuales y metodológicas para la elaboración de la Guía Nacional de Ordenamiento Territorial". Lima: Cooperación Técnica Alemana/Consejo Nacional del Ambiente/Proyecto MASAL-COSUDE, 2006. Valera, *op. cit.*, 2007.

⁵⁴ Picard, L. y M. Villar: "Metodología para la introducción de especies forestales en Cajamarca, Perú". Cajamarca: CICAFOR/INFOR/CTB, 1982. Ballard, R. y S. P. Gesel, editores: "IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity". USDA FS, Pacific Northwest Forest and Range Experimental Station, General Technical Report PNW-163, Portland, 1983. Booth, T. H., editor: "Matching Trees and Sites". Actas de un taller internacional en Bangkok, 27-30 de marzo de 1995, ACIAR Proceedings n.º 63, Camberra, 1996. Quispe A. y J. Gomero: "Especies forestales priorizadas con potencial para reforestación en la sierra peruana". Lima: FOSEFOR/Arborizaciones EIRL/COSUDE/INTERCOOPERATION/SAMIRI, s/f. Flores, F. y L. Chávarry: "Guía para la selección de 'Árboles Plus' para tres especies forestales andinas: Consideraciones generales". Cajamarca: ADEFOR/FOSEFOR/COSUDE/INTERCOOPERACIÓN/SAMIRI, 2005. Reynel, C., T. D. Pennington, R. T. Pennington, C. Flores y A. Daza: "Árboles útiles de la

que permiten plantar en sitios difíciles o muy degradados, neutralizando sus limitaciones.⁵⁵

ASPECTOS LEGALES

Además del PNR (RS 002-2006 AG), hay varios temas legales que deben ser tomados en cuenta. Uno de los más importantes y controvertidos es el relacionado con el otorgamiento de Concesiones de Reforestación, que ha sido aplicado en tierras de bosques primarios de selva baja, pero con aparentes fines de producción de palma aceitera, que no es una actividad reforestadora o de producción forestal sino de agricultura permanente. Asimismo, están las disposiciones legales que transfieren atribuciones nacionales del INRENA a los gobiernos regionales, que son de suma importancia en las decisiones técnicas y políticas para el establecimiento de plantaciones forestales.

ASPECTOS POLÍTICOS

Los puntos claves aquí son el que se refiere al esperado desarrollo local que las plantaciones esperan proveer en áreas rurales, las condiciones sociales y ambientales del espacio por plantar y su zona de influencia y la seguridad jurídica para todos los involucrados directa e indirectamente en la plantación forestal.

ASPECTOS INSTITUCIONALES

Amazonía peruana y sus usos: Un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies". Lima: Darwin Initiative, Project 09/017; ICRAF, Royal Botanic Garden, Edinburgh; UNALM, Royal Botanic Garden, Kew; Gobierno de Holanda, 2003. Índice y anexos.

⁵⁵ Lamb, D. y D. Gilmour: *Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests, Issues in Forest conservation*. Cambridge: IUCN/WWF, 2003. Aguilera, A.: "Estudio comparativo del aporte hídrico de tubos protectores a brinzales forestales". Trabajo de fin de carrera. Escuela Politécnica Superior de Gandía, Universidad Politécnica de Valencia, 2005. Del Campo, A. D., R. M. Navarro, A. Aguilera y E. González: "Effect of Tree Shelter Design on Water Condensation and Run-off and its Potential Benefit for Reforestation Establishment in Semiarid Climates", en *Forest Ecology and Management* n.º 235, pp. 107-115, 2006. Meza, A., C. Sabogal y W. de Jong: "Rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonia peruana. Revisión de experiencias y lecciones aprendidas". Bogor: CIFOR, 2006, inca. 5 anexos, 1 CD. TUBEX: "Market Leaders in Plant Care Solutions", UK, en: <<http://www.tubex.com>>, 2007. Llerena, L. M.: "Evaluación del efecto de tubos protectores con capacidad de condensación de neblinas en el crecimiento inicial de plántulas en Oxapampa, Perú". Tesis en Ingeniería Forestal. Lima: UNALM, 2007.

Las instituciones afines al tema de plantaciones forestales son FONDEBOSQUE, PRONAMACHCS e INRENA en el sector público, y ONG como ADEFOR, ECOFORESTA y otras organizaciones de inversionistas del sector privado. Con ellas y con otras más del ámbito académico, empresarial y de la sociedad civil, se han realizado encuentros para discutir la institucionalidad del PNR, pero los resultados están aún por definirse. Es claro que por el momento ninguna de las instituciones indicadas cuenta con el perfil adecuado y los medios necesarios para llevar adelante el PNR.⁵⁶

ASPECTOS ECONÓMICOS, FINANCIEROS Y TRIBUTARIOS

En estos temas se considera necesario definir una estabilidad tributaria que incluya algunos subsidios o incentivos fiscales que estimulen la instalación de plantaciones con fines productivos, con líneas de crédito adecuadas y el compromiso de financiamiento estatal para las plantaciones de protección.

ASPECTOS SOCIOCULTURALES

En las zonas rurales donde se invertirá en plantaciones forestales, la mayor parte de la tierra es de propiedad de comunidades campesinas y nativas y, por tanto, es imprescindible lograr acuerdos y consensos con ellos para asegurar el futuro más conveniente y seguro para todos los implicados. En la discusión de los aspectos técnico-ambientales, económicos, legales, políticos e institucionales, se debe tener muy en cuenta a estos socios obligados de las empresas que tomarán parte en este proyecto de largo plazo.

Hoy se observan en el Perú comunidades involucradas en cambios de uso de la tierra por plantaciones forestales incipientes, como últimamente la ciudad de Oxapampa y otras, donde se presentan controversias locales por el uso del eucalipto como especie aparentemente preferida, sin que haya la debida discusión abierta y clara del tema. Cajamarca, tradicional escenario forestal de pinos y otras especies exóticas, con más de 8.000 Ha continuas plantadas en Porcón,⁵⁷ es un tema interesante en la actualidad por la abundante oferta de materia prima leñosa lista para ser transformada con valor agregado, por el futuro de esos bosques y por su ubicación en una zona minera. En Arequipa,

⁵⁶ Governa S.A.C.: “Consultoría para diseñar la propuesta institucional para la implementación del Plan Nacional de Reforestación” (Contrato n.º 1206-2006-INRENA-OA-UL), Producto n.º 2 (Informe preliminar), 2006.

⁵⁷ Gillis y Flores, *op. cit.*, 1983.

zona seca, hace un tiempo se vetó oficialmente la plantación de eucalipto,⁵⁸ a pesar del interés de los campesinos en esta especie. Son todas situaciones y lecciones particulares que vale la pena considerar hoy.

PLANTACIONES FORESTALES Y AGUA

¿MADERA O AGUA?

Esta es la disyuntiva que debería considerar en los escenarios de escasa oferta hídrica el inversionista que desea plantar en forma extensiva con fines de producción, protección o servicios ambientales.⁵⁹ Si una plantación que consume agua (mucho o poca) se instala en una cuenca con una baja oferta natural de recurso, irremediablemente este se verá más limitado para todas sus demandas, y es posible que se alcance un umbral crítico que genere conflictos o descontentos si no se toman medidas anticipadas como bajar la extensión del área plantada en la cuenca, disminuir la densidad de la plantación o, eventualmente, cambiar la especie.⁶⁰

LA COBERTURA VEGETAL, EL AGUA Y LA GENTE EN LA CUENCA

En las cuencas hidrográficas la vegetación es diversa en su composición, densidad de cobertura del suelo, altura y estratificación vertical, y puede estar conformada por praderas, punas o páramos, bosques de diferentes tipos de árboles y arbustos y cultivos, o una combinación de estos. Las relaciones bosques-agua en el espacio que estos ocupan y en su área de influencia ecológica y socioeconómica en una cuenca hidrográfica son temas de estudio de la hidrología forestal, una especialidad cuyos conceptos centrales y aplicaciones prácticas están poco difundidos e investigados en nuestro medio. Scherr *et al.*⁶¹ destacan las siguientes primeras siete relaciones biofísicas entre los bosques (naturales y artificiales), el agua y la gente, y ponen de relieve que estas son variables dependiendo del sitio donde se presentan, y

⁵⁸ *El Comercio*, 22 de junio de 1996.

⁵⁹ Jackson, R. B., E. G. Jobbagy, R. Avissar, S. B. Roy, D. J. Barrett, C. W. Cook, K. A. Farley, D. C. le Maitre, B. A. McCarl y B. C. Murray: "Trading Water for Carbon with Biological Sequestration", en *Science* n.º 310 (5756), pp. 1944ñ1947, 2005.

⁶⁰ Algunos conceptos hidrológico-forestales previos importantes, como la cuenca hidrográfica, el ciclo hidrológico, el balance hídrico y la relación bosques-erosión se explican con más detalle en el glosario que aparece al final de este artículo.

⁶¹ Scherr, S., A. White, A. Khare, M. Inbar y A. Molar: "For Services Rendered: The Current Status and Future Potential of Markets for the Ecosystem Services Provided by Tropical Forests". Yokohama: ITTO Tropical Series 21, 2004.

algunas se plantean solo en términos condicionales:

- Los bosques disminuyen el escurrimiento superficial en la cuenca.
- Los bosques pueden reducir la erosión y la sedimentación.
- Los suelos forestales filtran y mejoran la calidad del agua.
- Los bosques reducen el flujo total anual de agua en la cuenca.
- Los bosques pueden aumentar o disminuir la recarga de acuíferos.
- Los bosques talados pueden disminuir la productividad del agua.
- Los bosques pueden influenciar la lluvia a escala regional, pero su efecto directo sobre la lluvia (“vertical”) es localmente limitado.
- Los bosques pueden captar la humedad atmosférica de las neblinas o “lluvia horizontal”, condensarla y, por un goteo continuo, aumentar el agua del suelo.

Estas relaciones están muy vinculadas a los bosques de protección en cabeceras de cuencas, laderas y riberas. Sobre bosques ribereños son muy importantes los conceptos de Clinnick, Brown, Welsch, Broks *et al.*, González del Tánago y García Jalón, Bruijnzeel y Hamilton, Calder, Rodrigues y Leitao Filho y Llerena, entre otros.⁶²

Algunos aspectos de estas relaciones, como las de bosques (también la deforestación y la reforestación) y las lluvias, el caudal de los cursos de agua, la erosión hídrica y el agua del suelo, son todavía objeto de confusiones e interpretaciones erradas que pueden tener consecuencias inconvenientes, especialmente cuando se trata de temas como pagos por servicios ambientales (PSA). Durante las dos últimas décadas, aportes de Hamilton y King, Troendle y King, Bruijnzeel, Lima, Kumari y Chomitz, Abbasi y Vinithan, Black,

⁶² Clinnick, P. F.: “Buffer Strip Management in Forest Operations: A Review”, en *Australian Forestry* n.º 48 (1), pp. 34-45, 1984. Brown, G. W.: “Forestry and Water Quality”. College of Forestry, Oregon State University, Corvallis, 1985. Welsch, D. J.: “Riparian Forest Buffers, Function and Design for Protection and Enhancement of Water Resources”. USDA, Forest Service, 1991. Brooks, K. N., P. Ffolliott, M. Gregersen y L. DeBano: “Hydrology and the Management of Watersheds”. Iowa State University Press, Ames, 1997. González del Tánago, D. R. M. y L. D. García de Jalón: *Restauración de ríos y riberas*. Madrid: ETSIM, 1998. Bruijnzeel, L. A. y L. S. Hamilton: “Decision Time for Cloud Forests”. UNESCO/IUCN/WWF, 2000. Calder, I.: “Land Use Impacts on Water Resources”. Background Paper n.º 1. Roma: FAO, 2000. Rodríguez, R. R. y H. de F. Leitao Filho, editores: *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. Sao Paulo: edUSP/FAPESP, 2000. Llerena, C. A.: “Conceptos sobre cuencas hidrográficas e hidrología forestal relacionados a servicios ambientales y producción de agua. Debate interinstitucional: Enfoques y mecanismos de valoración multidimensional del agua y del pago por servicios ambientales”, para el curso Gestión Integrada de Recursos Hídricos, CAMAREN-Ecuador e IPROGA-Perú. Lima, 2005.

Calder, Sandstrom, Ataroff y Rada, Llerena, AU-BRS, Bruijnzeel, FAO, Quintero y Estrada⁶³ han servido mucho para aclarar científicamente estos temas y mejorar su conocimiento. En este tema también hay quien advierte de las posibles exageraciones de plantar sin pensar en la gente.⁶⁴

Bosques y lluvia: En contra de algunos supuestos antiguos que aún se llegan a admitir como válidos, la evapotranspiración de un bosque natural o plantado no implica necesariamente que se produzca más lluvia o un aumento de ella en la cuenca donde se ubica tal masa forestal.⁶⁵ Sin embargo, hay excepciones, como la de los llamados “bosques nublados” en ecosistemas

⁶³ Hamilton, L. S. y P. N. King: “Tropical Forested Watersheds, Hydrologic and Soils Response to Major Uses or Conversions”. Boulder: East-West Center/UNESCO-MAB, Westview Press, 1983. Troendle, C. A y R. M. King: “The Effect of Timber Harvest on the Fool Creek Watershed, 30 Years Later”, en *Water Resources Research* n.º 21 (12), pp. 1915-1922, 1985. Bruijnzeel, *op. cit.*, 1990. Bruijnzeel, L. A.: “Hydrological Impacts of Tropical Forest Conversion”, en *Nature & Resources* n.º 27 (2), pp. 36-45, 1991. Lima, *op. cit.*, 1993. Kumari, K. y K. M. Chomitz: “The Domestic Benefits of Tropical Forests: A Critical Review Emphasizing Hydrological Functions”. The World Bank Working Paper n.º 1601, 1996. Abbasi, S. A. y S. Vinithan: “Ecological Impacts of Eucalyptus: Myths and Realities”, en *Indian Forester* n.º 123 (8), pp. 710-739, 1997. Black, P. E.: “Research Issues in Forest Hydrology”, en *Journal of The American Water Resources Association* n.º 34 (4), pp. 723-728, 1998. Calder, I. R.: “Water-Resource and Land Use Issues”. *SWIM Paper* 3. Colombo: International Water Management Institute, 1998. Sandstrom, K.: “Can Forests Provide Water: Widespread Myth or Scientific Reality?”, en *Ambio* n.º 27 (2), pp. 132-138, 1998. Ataroff, M. y F. Rada: “Deforestation Impact on Water Dynamics in a Venezuelan Andean Cloud Forest”, en *Ambio* n.º 29 (7), pp. 440-444, 2000. Llerena, C. A.: “Servicios ambientales de las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y posibilidades de aplicación en el Perú”. 3.º Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Arequipa, Perú, Foro Regional: Sistemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA), en: <<http://ext-ftp.fao.org/AG/agl/aglw/rlc/EventoPSA>>, 2003. Llerena, *op. cit.*, 2005. AU-BRS: “The Impact of Forest Plantation on Water Yield, a Statement Clarifying Key Scientific Issues”. Australian Government Bureau of Rural Sciences, CSIRO, Murray Darling Basin Commission, 2003. Bruijnzeel, L. A.: “Hydrological Functions of Tropical Forests: Not Seeing the Soil for the Trees?”, en *Agriculture Ecosystems and Environment* n.º 104, pp. 185-228, 2004. FAO: “Land-Water Linkages in Rural Watersheds”, en *Land & Water Bulletin* n.º 9. Roma, 2002. FAO, *op. cit.*, 2006. Quintero, M. y R. D. Estrada: “Pago por servicios ambientales en Latinoamérica y sus perspectivas en los Andes: Una visión desde la práctica”. Lima: CIP-CONDESAN/CIAT/CGIAR Water & Food/Proyecto Regional Cuencas Andinas, 2006.

⁶⁴ Walker, A.: “Seeing Farmers for the Trees: Community Forestry and the Arbo-realisation of Agriculture in Northern Thailand”, en *Asia Pacific Viewpoint* n.º 45 (3), pp. 311-324, 2004.

⁶⁵ Golding, D. L.: “The Effects of Forests on Precipitation”, en *The Forestry Chronicle* n.º 46 (5), pp. 397-402, 1970.

montañosos o lomas, en los cuales se concentra el aire cargado de humedad movido por los vientos, la humedad atmosférica se condensa y el agua cae al suelo desde el follaje, con lo que aumenta en forma importante su dotación para los procesos hidrobiológicos. Este proceso, llamado también “lluvia horizontal” o “precipitación oculta”, puede llegar a aportar hasta 100% más de agua disponible al suelo en épocas secas.⁶⁶ La otra situación excepcional se da en la cuenca amazónica, que, por su enorme extensión continua de bosques (más de 6 millones de kilómetros cuadrados), por la gran altura de su divisoria occidental y por la circulación atmosférica, llega a convertir hasta el 75% de su evapotranspiración en lluvia que retorna al suelo dentro de sus linderos.⁶⁷ Una de las interrelaciones más importantes bosque-lluvia se da en el proceso de intercepción, por el cual gran parte de la precipitación incidente en la cuenca moja el follaje, queda retenida en la copa de los árboles y retorna a la atmósfera por evaporación. Los valores de intercepción, como porcentaje de la lluvia total, varían según la composición, características y ubicación del bosque en un rango de 15% a 40%.⁶⁸ Como puede verse en el glosario final (“El ciclo hidrológico y el balance hídrico”), la intercepción es parte de la evapotranspiración.⁶⁹

Bosques y caudales, aguas superficiales y agua del suelo: La presencia de bosques en una cuenca no significa el aumento del caudal sino gene-

⁶⁶ Stadtmuller, T.: “Los bosques nublados en el Trópico Húmedo”. Turrialba: UNU/CATIE, 1987. Stadtmuller, T.: “Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: Medidas para mitigarlo, una revisión bibliográfica”. Turrialba: CATIE-COSUDE, Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales n.º 10, 1994. Hamilton, L. S., J. O. Juvik y F. N. Scatena, editores: “Tropical Montane Cloud Forests”, *Ecological Studies* vol. 110. Springer-Verlag: Ann Arbor, 1995. Acosta, B. A. N.: “Las precipitaciones ocultas y sus aplicaciones a la agricultura”. FAO-CTA-JRC/EU-WMO, Agrometeorological Applications Assoc., Ornex, 1996. Bruijnzeel y Hamilton, *op. cit.*, 2000. WWF/IUCN: “Bosques nublados tropicales montanos: Tiempo para la acción”. WWF International, The World Conservation Union, *arborvitae*, 2000.

⁶⁷ Salati, E., A. Dall’Olio, E. Matsui y J. Gat: “Recycling of Water in the Amazon Basin: An Isotopic Study”, en *Water Resources Research* n.º 15 (5), pp. 150-1258, 1979. Salati, E. y P. B. Vose: “Amazon Basin: A System in Equilibrium”, en *Science* n.º 225 (4658), pp. 129-138, 1984. Victoria, R. L., L. A. Martinelli, J. Mortati y J. Richey: “Mechanisms of Water Recycling in the Amazon Basin: Isotopic Insights”, en *Ambio* n.º 20 (8), pp. 384-387, 1991.

⁶⁸ Zanabria, V. C. P.: “Los bosques tropicales nublados de montaña en la quebrada Torohuaca, San Ignacio, Cajamarca, y su influencia en la precipitación local”. Tesis de Ingeniero Forestal. Lima: UNALM, 2001.

⁶⁹ Bruijnzeel, L.A.: *Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion: A State of Knowledge Review*. UNESCO, IAHS, Free University Amsterdam, 1990. Bruijnzeel, *op. cit.*, 1991, 2004.

ralmente (en función del tipo de bosque, su estado y el clima) su disminución como consecuencia de las demandas de agua de los árboles y su intercepción (evapotranspiración). El popular concepto del bosque y sus suelos forestales considerados como “esponja hídrica” por su capacidad de retener el agua y soltarla poco a poco, debe combinarse con el de “bomba hidráulica” por la cantidad de agua que mueve del suelo hacia la atmósfera.⁷⁰ Asimismo, las técnicas mejoradas en los últimos años para el estudio de la fisiología de la transpiración y de los árboles⁷¹ y de medición de transpiración o flujo de savia,⁷² permiten tener hoy una mejor idea de la demanda o el consumo directo de agua de las diferentes especies forestales. Precisamente Wullschleger *et al.*⁷³ evalúan 52 experimentos con diversos métodos aplicados a árboles de 67 especies y más de 35 géneros, de diámetros (DAP) entre los 8 cm y 134 cm y alturas totales entre los 4 m y 76 m (media 21 m), y reportan consumos de agua que oscilan entre los 10 kg/día y los 1.180 kg/día, reduciéndose este amplio rango para el 90% de las observaciones entre los 10 kg/día y 200 kg/día. En el cuadro 3 se presentan algunas especies con sus datos de altura (H), DAP (D), índice de área foliar (I) y área de albura (A), que es el área de la sección transversal media del tronco por cuyos vasos asciende el agua de la raíz hacia las hojas —savia—, para salir en forma de vapor hacia la atmósfera

⁷⁰ Binns, W. O.: “The Hydrological Impact of Afforestation in Great Britain”, en G. E. Hollis, editor: *Man's Impact on the Hydrological Cycle in the United Kingdom*. Norwich: Geo Abstracts Ltd., University of East Anglia, pp. 55-69, 1979. Bosch, J. M. y J. D. Hewlett: “A Review of Catchments Experiments to Determine the Effect of Vegetation Changes on Water Yield and Evapotranspiration”, en *Journal of Hydrology* n.º 55, pp. 3-23, 1982. Hamilton y King, *op. cit.*, 1983. Smiet, F.: “Tropical Watershed Under Attack”, en *Ambio* n.º 16 (2-3), pp. 156-158, 1987. Brooks *et al.*, *op. cit.*, 1997. Calder, *op. cit.*, 2000. Bruijnzeel, *op. cit.*, 2004. DFID-FRP: “From the Mountain to the Tap: How Land Use and Water Management Can Work for the Rural Poor”. Department for International Development, Forestry Research Program, 2005. ETRN: *News. Forests, Water and Livelihoods*. TROPENBOS/ICRAF/DFID-FRP, 2005/06. FAO, *op. cit.*, 2006.

⁷¹ Grill, E. y H. Ziegler: “A Plant's Dilemma”, en *Science* n.º 282, pp. 252-253, 1998. Whitehead, D. y C. L. Beadle: “Physiological Regulation of Productivity and Water use in *Eucalyptus*: A Review”, en *Forest Ecology and Management* n.º 193, pp. 113-140, 2004.

⁷² Palacios, Z. A. y Z. P. I. Tume: “Medición de la transpiración en árboles”, en *Revista Forestal del Perú* n.º 18 (2), pp. 45-54, 1991. Swanson, R. H.: “Significant Historical Developments in Thermal Methods for Measuring Sap Flow in Trees”, en *Agricultural and Forest Meteorology* n.º 72, pp. 113-132, 1994. Vertessy, R. A., T. J. Hatton, P. Reece, S. K. O'Sullivan y R. G. Benyon: “Estimating Stand Water Use of Large Mountain Ash Trees and Validation of the Sap Flow Measurement Technique”, en *Tree Physiology* n.º 17, pp. 747-756, 1997. Wullschleger, S. D., F. C. Meinzer y R. A. Vertessy: “A Review of Whole-Plant Water Use Studies in Trees”, en *Tree Physiology* n.º 18, pp. 499-512, 1998.

⁷³ Wullschleger *et al.*, *op. cit.*, 1998.

por los estomas; y de consumo de agua (W).

Cuadro 3

Consumo de agua por especies forestales

	H	D	I	A	W
	m	cm	m ²	cm ²	kg/día
<i>Anacardium excelsum</i>	35	102	-	150	40
<i>Eperua purpurea</i>	-	-	-	1.521	1.180
<i>Eucaliptus globulus</i>	-	-	17	-	37
<i>Eucaliptus grandis</i>	56	41	219	371	174
<i>Eucaliptus regans</i>	58	89	330	618	285
<i>Ficus insipida</i>	30	54	-	2.100	164
<i>Grevillea robusta</i>	-	-	-	-	12
<i>Ocotea sp.</i>	-	-	-	547	396
<i>Pinus caribaea</i>	7	13	-	-	100
<i>Pinus radiata</i>	16	22	-	-	179
<i>Pinus taeda</i>	5	8	-	-	40
<i>Spondias mombin</i>	23	44	-	-	600

Fuente: Wullschleger.⁷⁴

Sin embargo, por otro lado, la mayor cobertura vegetal de la cuenca con bosques mejorará su capacidad de infiltración y el agua de lluvia que llegue al suelo incrementará gradualmente el caudal por la vía subsuperficial, produciendo un flujo de agua más limpio y regular,⁷⁵ con rangos de caudales anuales extremos más cortos. Asimismo, la evapotranspiración permitirá crear nuevos espacios disponibles para almacenar agua, y así disminuirán los riesgos de saturación e inundación. Hay también controversia en relación con la deforestación y las inundaciones,⁷⁶ aunque cada vez es

⁷⁴ *Ibid.*

⁷⁵ Dudley N. y S. Stolton: *Running Pure: The Importance of Forest Protected Areas to Drinking Water*. World Bank/WWF, 2003.

⁷⁶ Gentry, A. H. y J. López-Parodi: "Deforestation and Increasing Flooding of the Upper Amazon", en *Science* n.º 210, pp. 1354-1356, 1980. Hewlett, J. D.: "Forests and Floods in the Light of Recent Investigation". Proceedings of the Canadian Hydrological Symposium, Fredericton, pp. 543-560, 1982b. Sternberg, H. O.: "Aggravation of Floods in the Amazon River as a Consequence of Deforestation?", en *Geografiska Annaler* n.º 69A (1), pp. 201-219, 1987. Ives, J.: "Floods in Bangladesh: Who is to Blame?", en *New Scientist*, 34-37, 1991. Andaluz, C.: "¡Y no hay remedio!". Entrevista por M. Paredes y C. de Weck, en *Quehacer* n.º 165, pp. 74-81, 2007.

más claro que no existe una correspondencia directa y lineal entre ambos eventos. Una cuenca deforestada transferirá un menor volumen de agua hacia la atmósfera por evapotranspiración, dejando más agua para el caudal. Sin embargo, en suelos con escasa cubierta vegetal y menor capacidad de infiltración, la lluvia alcanzará los cauces por escurrimientos superficiales rápidos que producirán erosión en las laderas y un flujo violento cargado de sedimentos que aumentará tanto la turbidez del río como las posibilidades de altos picos de descarga e inundaciones.

Cambios climáticos, forestas y agua disponible: Este es uno de los temas que, sin duda, precisa considerarse y clarificarse para los emprendimientos forestales que apuntan a desarrollarse y ser fuertes en las próximas décadas, ya que está directamente relacionado con la oferta hídrica de las cuencas. En general, y para el Perú en especial, es importante tener en cuenta reportes científicos como los presentados por Llerena, Bonell, Bradley *et al.*, Betts *et al.*, Nobre *et al.*, entre otros,⁷⁷ quienes a partir de revisiones, estudios, modelos climáticos y otros métodos modernos ilustran sobre el tema y predicen cada vez con mayor claridad que el calentamiento causado por el efecto invernadero provocará que las temperaturas se eleven más rápidamente en zonas altas y que, entre otras consecuencias, los glaciares de los Andes tropicales continuarán decreciendo en su extensión con los impactos previsibles. En este tema es común hacer referencias a la relación entre los bosques, la deforestación y la tala ilegal con el cambio climático, a veces sin mayor fundamento científico.⁷⁸

Problemas de demanda: El aumento de la demanda de agua en las cuencas andinas y amazónicas, generado por las plantaciones forestales, debe preverse teniendo en cuenta experiencias y conceptos ya desarrollados en

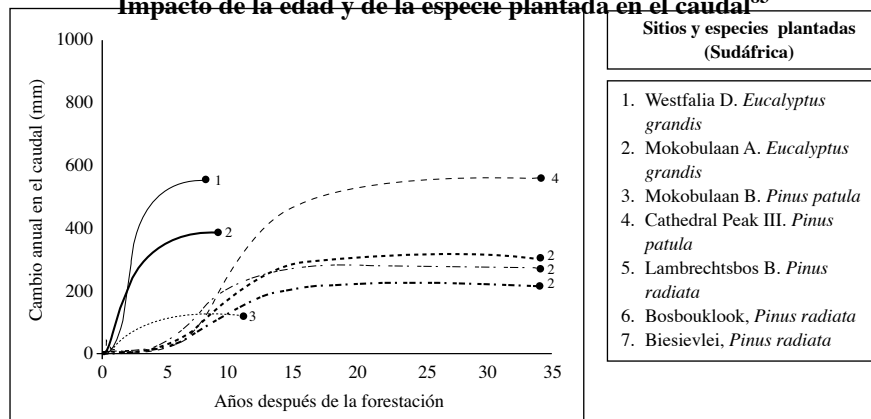
⁷⁷ Llerena, C. A.: “Impactos del cambio global sobre los bosques tropicales”, en *Geofísica* n.º 32 (1), pp. 223-244. México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1990. Llerena, *op. cit.*, 1991a. Bonell, M.: “Possible Impacts of Climate Variability and Change on Tropical Forest Hydrology”, en *Climate Change* n.º 39, pp. 215-272, 1998. Bradley, R. S., M. Vuille, H. F. Díaz y W. Vergara: “Threats to Water Supply in the Tropical Andes”, en *Science* n.º 312, pp. 1755-1756, 2006. Betts, R. A., O. Boucher, M. Collins, P. M. Cox, P. D. Falloon, N. Gedney, D. L. Hemming, C. Huntingford, C. D. Jones, D. M. H. Sexton y M. J. Webb: “Projected Increase in Continental Runoff Due to Plant Responses to Increasing Carbon Dioxide”, en *Nature* n.º 448, pp. 1037-1041, 2007. Nobre, C. A., G. Sampaio y L. Salazar: “Mudanças climáticas e Amazônia”, en *Ciencia e Cultura* n.º 59 (3), pp. 22-27, en: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252007000300012&lng=es&nrm=iso>, 2007.

⁷⁸ Andaluz, *op. cit.*, 2007.

otros países, trabajando con la especie por plantar, la extensión y densidad de la plantación, la ubicación, el clima y la hidrología de la cuenca.⁷⁹ El concepto más utilizado actualmente en relación con este tema es el de uso eficiente del agua (UEA), que implica producir más madera con menos agua, y que se puede consultar en los reportes de Lima, Dye, Pammeter, Stape *et al.* y Gulamhussein.⁸⁰ Este aspecto es de especial importancia por la controversia en relación con el eucalipto como especie de alto consumo hídrico.⁸¹ Bruijnzeel,⁸² probablemente el científico actual de mayor prestigio en temas hidrológico-forestales en el mundo, ratifica claramente el tema de los efectos hidrológicos de la (re)forestación en las cuencas, tal como se puede ver en la figura 1, que muestra los cambios en el caudal de los ríos de acuerdo con la edad de varias plantaciones de tres especies diferentes de eucaliptos y pinos. Se puede observar que los eucaliptos (*Eucalyptus grandis*), por su rápido crecimiento, producen un impacto mucho más rápido y fuerte que los pinos y que, entre estos, el *Pinus radiata* tiene un aparente efecto menor que el *Pinus patula* en el largo plazo.

Figura 1

Impacto de la edad y de la especie plantada en el caudal⁸³



⁷⁹ Bosch y Von Gadow, *op. cit.*, 1990. Van der Zel, *op. cit.*, 1995. Dye, *op. cit.*, 1996. Scott y Lesch, *op. cit.*, 1996. Vertessy *et al.*, *op. cit.*, 1997. Zwolinski, *op. cit.*, 1997. Scott *et al.*, *op. cit.*, 1998. Wullschleger *et al.*, *op. cit.*, 1998. FAO, *op. cit.*, 2006.

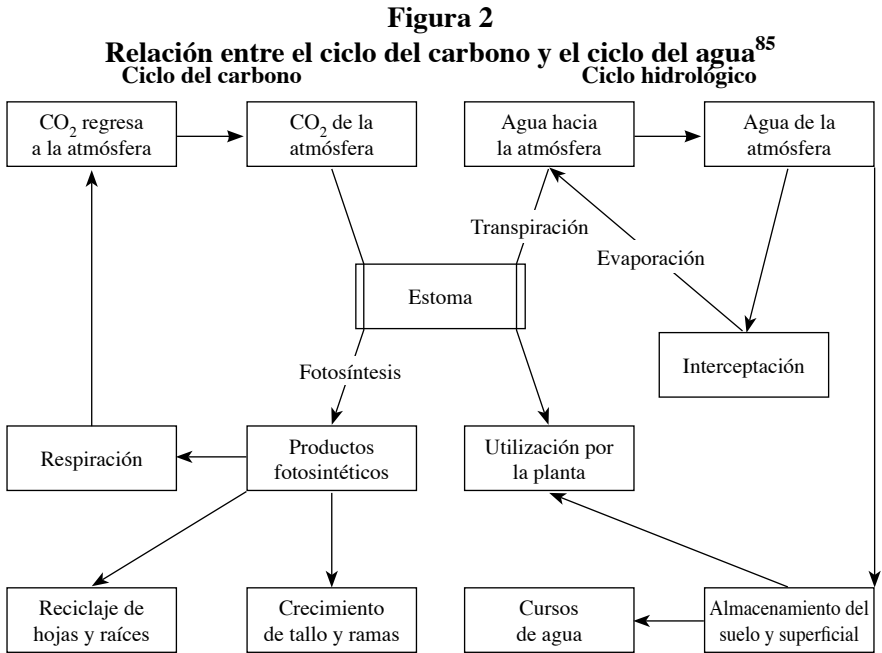
⁸⁰ Lima, *op. cit.*, 1993. Dye, *op. cit.*, 2000. Pammeter, *op. cit.*, 2002. Stape *et al.*, *op. cit.*, 2004. Gulamhussein, *op. cit.*, 2005.

⁸¹ Montero de Burgos, J. L.: "El eucalipto en España (comentarios a un problema)". Serie Técnica. Madrid: ICONA/Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1990. Shiva, V. y J. Bandyopadhyay: *Inventario ecológico sobre el cultivo del eucalipto*. Belo Horizonte: Comisión Pastoral de Minas Gerais, 1991. Lima, *op. cit.*, 1993. Abbasi y Vinithan, *op. cit.*, 1997.

⁸² Bruijnzeel, *op. cit.*, 2004.

⁸³ *Ibid.*

Asimismo, en relación con varios de los puntos anteriores, aparece como un esquema conceptualmente provocador la figura 2, en la que los ciclos del carbono (C) y el del agua, sustancias básicas para la fotosíntesis y el crecimiento del árbol, tienen como punto de encuentro común a los estomas,⁸⁴ pequeños poros de la planta situados en las hojas, por donde se produce el intercambio gaseoso entre la planta y la atmósfera.



Este intercambio consiste en el ingreso del CO₂ (dióxido de carbono) del aire en la planta por difusión y la salida de H₂O tomada por las raíces del suelo en el proceso fisiológico de la transpiración, que, además de

⁸⁴ Grill y Ziegler, *op. cit.*, 1998.

⁸⁷ Kaufmann, M. R., C. A. Troendle, M. G. Ryan y H. T. Mowrer: "Trees: The Link between Silviculture and Hydrology", en C. A. Troendle, M. R. Kaufmann, R. H. Hamre y R. P. Winokur, editores: *Management of Subalpine Forests: Building 50 Years of Research*. Fort Collins: USDA FS Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station, General Technical Report RMñ149, pp. 54-60, Management of Subalpine Forests: Building 50 Years of Research.

ser el principal mecanismo de transferencia de agua del suelo a la atmósfera cuando el suelo está cubierto de vegetación, representa el consumo directo de agua del árbol para la formación continua de su biomasa o crecimiento, fundamental tanto en la producción de madera de la plantación como en el balance hídrico de la cuenca. Es importante indicar que menos del 10% del agua absorbida por las raíces es usado por la planta, y más del 90% solo sirve para satisfacer las demandas de la atmósfera;⁸⁶ y que existe una muy clara relación inversa entre humedad atmosférica e intensidad de transpiración. Estudios recientemente publicados por Betts *et al.*⁸⁷ muestran la importancia y la interdependencia de estos procesos paralelos de absorción de CO₂ y emisión de H₂O en un escenario probable de duplicación de la concentración del CO₂ atmosférico que daría lugar a un incremento de 6%

del agua superficial en el planeta con una mayor probabilidad de inundaciones. Esto se explica porque, con mayores volúmenes de CO₂ en el aire, los estomas tienden a cerrarse para autodosificar su captura de carbono (CO₂) y, por tanto transpiran menos, dejando mayores volúmenes de agua en el suelo, lo que disminuye su capacidad de almacenamiento hídrico, aumenta el escurrimiento superficial (Es) y contribuye así a la formación de mayores caudales y a sus potenciales y más frecuentes desbordes.

En el Perú hay casos de potenciales plantaciones que son muy particulares y específicos en este sentido, como por ejemplo en zonas áridas como Piura, donde el algarrobo es la especie nativa emblemática y más adaptada al medio, así como varias otras más del bosque seco.⁸⁸ En Cajamarca, las lluvias que no son problema en zonas altas de Porcón, famosas por sus extensas áreas plantadas de pinos y eucaliptos, o en la parte norte de la región, lo son en otras zonas;⁸⁹ en el Cusco la lluvia es más variable, pero, de acuerdo con las estadísticas oficiales, es esta región la que posee una mayor extensión de área reforestada en el Perú.

Es probable que, además de las buenas condiciones naturales del medio, estas dos regiones cuenten con extensos bosques plantados debido al trabajo de los dos más exitosos promotores de la reforestación en el país: Pablo Sánchez (Cajamarca) y Simón Morales (Cusco). Otro caso interesante actual es el de Oxapampa, en la selva alta (1.800 msnm), donde la

⁸⁵ Hillel, D.: *Introduction to Soil Physics*. Nueva York: Academic Press, 1982.

⁸⁶ Betts *et al.*, *op. cit.*, 2007.

⁸⁸ INRENA, *op. cit.*, 1998.

⁸⁹ León, L. R., M. Vega-Bazán, G. Fernández y J. Quispe: "Balance hídrico de las cuencas de los ríos Cajamarca y Condebamba". Cajamarca: CICAFOR/INFOR/CRB, 1988.

explotación total del bosque natural agotó localmente las especies más valiosas y cambió las condiciones socioeconómicas de la zona hace solo dos o tres décadas y hoy es el lugar en el que se ubica el primer vivero llamado “de alta tecnología” de FONDEBOSQUE y donde se están comprando muchas tierras para reforestar, con algunos conflictos locales que aún no se manejan bien. Hay muchos casos más por evaluar, como los antiguos distritos forestales, donde actuaron con suerte diferente los llamados Comités de Reforestación. Están también los casos de reforestación en selva alta y baja por iniciativa gubernamental, de comunidades, ONG y grupos locales, muchas veces con apoyo internacional, como Von Humboldt con la FAO,⁹⁰ Chanchamayo y selva central con apoyo alemán⁹¹ y Jenaro Herrera con apoyo suizo,⁹² que aportan numerosas experiencias, algunas aún por rescatar.

PLANTACIONES FORESTALES, AGUA Y GESTIÓN DE CUENCAS

GESTIÓN DE CUENCAS

El concepto de gestión de cuencas y la aceptación de la cuenca hidrográfica como espacio básico para el ordenamiento territorial se han desarrollado en el Perú durante los últimos treinta años y se han afianzado últimamente.⁹³ De acuerdo con IPROGA, Llerena y Dourojeanni,⁹⁴ quienes toman la definición planteada en 1989 por el Grupo Manejo de Cuencas de la UNALM, se entiende como tal (gestión, manejo u ordenación) la aplicación de principios y métodos para el uso racional, integrado y participativo de los recursos naturales de la cuenca, fundamentalmente del agua, del suelo y de la vegetación, con el fin de lograr una producción de bienes óptima y sostenida a partir de estos recursos, con el mínimo deterioro ambiental,

⁹⁰ Carrera, *op. cit.*, 1987.

⁹¹ Flachsenberg, *op. cit.*, 1985. Bockor, *op. cit.*, 1986.

⁹² Claussi *et al.*, *op. cit.*, 1992.

⁹³ FAO: “3er Congreso Latinoamericano Manejo de Cuencas Hidrográficas”. Resúmenes de ponencias. Arequipa: FAO/Redlach/INRENA/Ministerio de Agricultura/Cooperación Holandesa, 2003. Moreno, D. A. e I. Renner, editores: “Gestión integral de cuencas: Experiencia del Proyecto Regional Cuencas Andinas”. Lima: CIP/CONDESAN/REDCA-PA/GTZ, 2007.

⁹⁴ Instituto de Promoción para la Gestión del Agua: *Metodología para la elaboración de planes maestros de cuencas*. Lima: IPROGA, 1996. Llerena, C. A.: “El manejo de cuencas en el Trópico Húmedo del Perú”, en *Revista Forestal del Perú* n.º 18 (1), pp. 63-77, 1991b. Dourojeanni, A.: “Políticas públicas para el desarrollo sustentable: La gestión integral de cuencas”. Lima: CEPAL-INRENA, 1994a. Dourojeanni, A.: “La gestión del agua y las cuencas en América Latina”, en *Revista de la CEPAL* n.º 53, pp. 111-126, 1994b.

para beneficio de los pobladores y usuarios de la cuenca. En el manejo de la cuenca es importante la labor coordinada de las instituciones públicas y privadas pertinentes.

Este concepto implica variados temas afines al manejo de la cuenca con participación multidisciplinaria de especialistas de las ciencias naturales y sociales; requiere la participación activa de la población local; la consideración de la condición de sistema integral e integrado de la cuenca; la sostenibilidad; la coordinación interinstitucional;⁹⁵ y, últimamente, la “gestión integrada del agua”.⁹⁶ De acuerdo con Michaelsen,⁹⁷ para que un proyecto sea realmente de manejo de cuencas debe tener las condiciones siguientes: ser multidisciplinario y multisectorial; tener en cuenta toda el área de la cuenca; y considerar las interacciones entre las partes baja y alta de la cuenca. Asimismo, este autor, de amplia experiencia, plantea como características de un programa exitoso de manejo de cuencas que este:

- actúe en cuencas de importancia nacional o local;
- se enmarque en programas de acción apoyados por el Gobierno;
- reciba apoyo de grupos locales realmente interesados;
- tenga flexibilidad para la planificación participativa;
- cuente con personal idóneo y respete la “meritocracia”;
- genere información útil y use tecnología moderna;
- sus productos se utilicen pronto fuera de su ámbito;
- sea llevado a cabo por una institución conocida y con buena imagen; y,
- tenga capacidad de autocrítica y de evaluaciones externas.

CONCLUSIONES

Plantar árboles es por lo general una iniciativa encomiable. Las plantaciones forestales crecen, incrementan su extensión en el mundo y son un buen negocio que trae beneficios a los actores involucrados, siempre y cuando se lleven a cabo correctamente. En el Perú las plantaciones forestales están siendo relanzadas como un potencial proyecto nacional, aunque aún precisan algunas políticas, leyes, instituciones, definiciones y acciones claras, así como normas técnicas adecuadas para su correcto

⁹⁵ IPROGA, *op. cit.*, 1996. Swanson, R. H., P. Y. Bernier y P. D. Woodard, editores: *Forest Hydrology and Watershed Management*. Wallingford, Publicación IAHS n.º 167, 1987.

⁹⁶ GWP, *op. cit.*, 2000.

⁹⁷ Michaelsen, T.: “Manejo de cuencas, situación actual y aspectos a tomar en cuenta de experiencias exitosas”. Seminario forestal FCF UNALM (no publicado), 1995.

establecimiento.

Las plantaciones forestales generan impactos económicos, sociales y ambientales positivos y negativos, que deben ser conocidos por anticipado por todos los actores involucrados. El agua es un insumo crítico para las plantaciones e influye mucho en sus rendimientos, y el aumento de la demanda hídrica en la cuenca por los árboles plantados en zonas áridas y en tiempos de escasez del recurso puede generar conflictos entre usuarios que se deben prevenir. Para este fin hace falta más información hidrometeorológica en las cuencas, que permita contar con balances hídricos (P, Q, ET) confiables, anticipar la demanda de las especies plantadas y medir su consumo de agua; es necesario asimismo contar con datos de calidad del agua, información cartográfica, de ordenamiento territorial y catastral, que faciliten gestionar la cuenca.

En el ámbito rural, así como en el administrativo, político y académico, es preciso contar con conceptos claros sobre la relación entre las plantaciones forestales y el agua tal como esta se da en general y en cada ecosistema intervenido (plantado) en particular. No plantear correctamente estas relaciones podría crear falsas expectativas entre los supuestos beneficiarios, desacreditar a las plantaciones forestales como potencial fuente local de ingresos y medio para mejorar la calidad de vida de la población, con lo que se podría llegar a poner en riesgo las futuras inversiones forestales. Se deben, por tanto, corregir los errores conceptuales en los documentos oficiales y establecer claramente que las plantaciones forestales no aumentan el caudal de los ríos y quebradas ni la intensidad de las lluvias; asimismo, no se debe realizar plantaciones forestales donde no se cuenta con suficiente agua para hacerlo exitosamente y sin generar impactos negativos en la cuenca, en especial aguas abajo del sitio plantado.

El desarrollo de los conocimientos hidrológico-forestales implica realizar investigación aplicada sobre el tema por lo menos en los ecosistemas en los que se espera plantar árboles a gran escala y validar y aprender de los estudios en otros países. Con recursos adecuados es posible llevar a cabo un proyecto de investigación, capacitación y entrenamiento para establecer buenas plantaciones forestales en las cuencas que tengan la aptitud necesaria, con participación de la población local en pequeñas y medianas empresas de transformación de la materia prima con valor agregado, con el apoyo de las universidades regionales y de las escuelas, institutos y ONG locales. Entre las necesidades de equipamiento más importantes para desarrollar estos emprendimientos forestales con el menor riesgo desde el principio de las cadenas productivas y gestionar apropiadamente el agua para los demás usuarios está la de incrementar el número de estaciones meteorológicas y

de aforo en las cuencas por intervenir.

Glosario extensivo

Cuenca hidrográfica: Área drenada por un río. El río puede ser de cualquier tamaño: desde el Amazonas o el Nilo, que drenan al mar caudales de miles de metros cúbicos cada segundo provenientes de millones de kilómetros cuadrados, hasta la quebrada intermitente de primer orden más modesta, que drena tan solo algunos metros cuadrados o hectáreas y tributa un flujo mínimo a su río colector. La cuenca es un sistema interconectado por el agua que fluye por la pendiente en una red de drenaje, desde sus límites más altos en sus divisorias hasta la desembocadura del río mayor. La cuenca es además una unidad natural tridimensional con interfases con la atmósfera y el subsuelo en función de la altura y profundidad que alcance su vegetación dominante. En sus tres dimensiones, la cuenca cumple muchas funciones que se enlazan y complementan en el ciclo hidrológico.⁹⁸ El concepto de unidad territorial natural es el más importante, ya que solo a partir de esta clara apreciación se puede comprender que únicamente en la cuenca hidrográfica es posible realizar balances hídricos; es decir, cuantificar la oferta de agua que “produce” la cuenca durante el ciclo hidrológico. Gracias a sus cualidades de unidad hidrológica y de medio colector-almacenador-integrador de los procesos naturales y antrópicos que ocurren en la cuenca, esta puede ventajosamente ser también una unidad política, administrativa, de gestión ambiental o de manejo de los diversos recursos naturales que alberga. La combinación de los conceptos de cuenca y ecosistema es muy útil en la investigación científica físico-biológica. Es asimismo común presentar a la cuenca hidrográfica como un área en la que se distinguen sectores altos, medios y bajos, que, en función de las características topográficas del medio, pueden influir en sus procesos hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos. Otra visión de las cuencas las divide en las siguientes zonas diferenciadas: río (que incluye el cauce en vaciante y creciente y su planicie de inundación), los valles adyacentes al río y las laderas en las partes más altas, hasta la divisoria de aguas. Por último, es importante anotar que toda el agua que llega a la cuenca y genera su oferta hídrica, incluyendo la del subsuelo, proviene de las lluvias. Por tanto, si estas disminuyen en el mediano o largo plazo, disminuirán también las reservas de agua subterránea.

El ciclo hidrológico y el balance hídrico: Ciclo hidrológico es el proceso global por el cual el agua es considerada un recurso natural renovable, que en circulación espontánea y continua se purifica y retorna a sus fuentes que la ponen al alcance de sus múltiples demandantes. Como ya se indicó, solo es posible cuantificar el ciclo hidrológico dentro de los límites de la cuenca, y una manera simple y práctica de hacerlo es mediante la siguiente ecuación del balance hídrico:

$$P = Q + ET$$

donde:

⁹⁸ Black, P. E.: “Watershed Functions”, en *Journal of The American Water Resources Association* n.º 33 (1), pp. 1-11, 1997.

- P = Precipitación
 Q = Caudal ($Q = Es + Ess + Est$)
 Es = Escurrimiento superficial
 Ess = Escurrimiento subsuperficial
 Est = Escurrimiento subterráneo
 ET = Evapotranspiración ($ET = E + T$)
 E = Evaporación = E suelo/agua + E follaje (*intercepción*)
 T = Transpiración.

Esta representación, que podría ser considerada simplista, es muy usada y defendida con fines más prácticos que científicos, debido a la relativa facilidad de conseguir valores de P y Q. Obviamente, disponiendo de los medios y recursos es posible aumentar los parámetros y mejorar la precisión del balance hídrico. A continuación se presentan ejemplos tomados de Lima,⁹⁹ quien cita a más de treinta científicos que emplean el método:

	P (mm)	Q	ET
Arizona, EE.UU., chaparral	549	34	515
Arizona, EE.UU., coníferas	639	71	568
Ohio, EE.UU., latifoliadas	970	300	670
Japón, coníferas	1.113	290	823
Sud-África, sabana	1.390	590	800
Kenia, bosque tropical	1.905	416	1.489
Brasil, bosque húmedo tropical	2.089	541	1.548
Malasia, bosque húmedo tropical	2.155	1.076	1.079
Nueva Zelanda, podocarpus	2.600	1.600	1.000
Australia, bosque húmedo tropical	3.900	2.398	1.502

Algunos puntos destacables de la relación $P = Q + ET$ son, como ya se indicó, que toda el agua, en cualquiera de sus formas, que recibe la cuenca proviene de la precipitación y Q no siempre está formado por los tres tipos de escurrimiento indicados (Es, Ess y Est).

Bosques y erosión: El potencial de erosión de la lluvia, tanto por el impacto del agua al caer como por su escurrimiento superficial, se mitiga por la cubierta forestal viva y por la hojarasca acumulada sobre el suelo, que es producida por el bos-

⁹⁹ Lima, *op. cit.*, 1993.

que.¹⁰⁰ Ambas formas de follaje mitigan el golpe de las gotas que llegan al suelo e interrumpen el flujo del escurrimiento sobre él, minimizando en ambos casos su energía cinética. Para que un bosque presente las mejores posibilidades de mitigar la erosión debe contar con sus tres niveles de protección en buenas condiciones: 1) la parte aérea, en especial la copa; 2) la capa de hojarasca sobre el suelo forestal; y, 3) el sistema radicular. Cuando en un bosque o en una plantación forestal no se cuenta con la protección de la hojarasca sobre el suelo, debido a su aprovechamiento para establos, crianza de aves o por causa de incendios forestales, la lluvia que se produzca al concentrarse en las copas y caer sobre un suelo desprotegido podría ocasionar estragos erosivos de mayor magnitud en zonas con árboles que en zonas deforestadas. Esta situación es presentada por Wiersum¹⁰¹ en el siguiente cuadro en el que se observa que la mejor protección media se da en los tipos de uso de la tierra en los cuales se mantienen los tres niveles de cobertura del suelo.

	Mín.	Med. (ton/Ha/año)	Máx.
Huerto multiestrato	0,01	0,06	0,14
Bosque natural	0,03	0,30	6,16
Agricultura migratoria (periodo de barbecho)	0,05	0,15	7,40
Plantación forestal (sin alterar)	0,02	0,58	6,20
Cultivos permanentes (c/cult. cobertura y mulch)	0,10	0,75	5,60
Agricultura migratoria (periodo de cultivo)	0,40	2,78	70,05
Sistema Taungya (multiestrato c/árboles)	0,63	5,23	17,37
Cultivos permanentes (s/cobertura y c/deshierbo)	1,20	47,60	182,90
Plantaciones forestales (hojarasca quemada o elim.)	5,92	53,40	104,80

La protección del bosque contra procesos de erosión en masa (entre los que

¹⁰⁰ Hamilton, L. S. y A. J. Pearce: "What are the Soil and Water Benefits of Planting Trees in Developing Country Watersheds?", en D. D. Southgate y J. F. Disinger, editores: *Sustainable Resource Development in the Third World*. Boulder: School of Natural Resources, The Ohio State University, Westview Press, pp. 39-58, 1987. Llerena, C. A.: "Erosion and Sedimentation Issues in Peru", publicación de la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas (IAHS) n.º 165, pp. 3-14, 1987a. Llerena, C. A.: "Erosión y sedimentación en la sierra y selva alta del Perú: Problemas y perspectivas", en Actas de la Reunion sobre Tierras Frágiles: Usos Sostenibles de Laderas. Quito: USAID, pp. 63-76, 1987b. Roncal, B. W.: "Influencia de las plantaciones forestales sobre la escorrentía superficial y la erosión hídrica en Porcón". Tesis M.Sc. Cajamarca: EPG-UNALM, 2006.

¹⁰¹ Wiersum, K. F.: "Surface Erosion under Various Tropical Agroforestry Systems", en C. L. OíLoughlin y A.J. Pearce, editores: *Symposium on Effects of Forest Land Use on Erosion and Slope Stability*. Honolulu: Environment and Policy Institute/East-West Center/ University of Hawaii, pp. 231-239, 1984.