

ASPECTOS TÉCNICOS DE LA FORESTACIÓN CON AGUAS RESIDUALES

Ing. Julio Moscoso

El uso de las aguas residuales se ha orientado principalmente a la actividad agrícola y piscícola. En cambio, la forestación solo se ha considerado como una barrera de viento o un cordón perimetral para evitar malos olores y mejorar la estética de las plantas de tratamiento y las áreas de reuso.

Las mayores experiencias de riego forestal se han realizado en Pennsylvania y Michigan, Estados Unidos, donde se han regado bosques artificiales con efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales (Sopper y Kardos 1963; Sutherland et al. 1974).

En América Latina, las dos principales experiencias forestales regadas con aguas residuales por gravedad se encuentran en el Proyecto del Lago Texcoco en el Valle de México (Comisión Nacional del Agua 1995) y en el entorno ecológico de San Juan de Miraflores al sur de Lima, Perú (Perú, Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción 1993).

1. Alternativas de producción forestal

Los volúmenes de agua requeridos por la actividad forestal son significativamente menores que los demandados por la acuicultura y la agricultura. Estos requerimientos dependen de los siguientes factores:

- condiciones climáticas locales;
- características agronómicas del suelo; y
- requerimientos de especie forestal manejada.

En el Proyecto de Uso Integrado de Aguas Residuales de Las Viñas en Lima, Perú, ubicado en un suelo franco-arenoso con clima subtropical y con variedades de eucaliptos, casuarinas y cipreses, se ha estimado que la necesidad promedio anual de agua para las diferentes actividades de reuso son:

Actividad	Agua (l/ha/s)
Agricultura	1,10
Acuicultura	2,90
Forestación	0,42

Este menor requerimiento de la actividad forestal, tanto en calidad como en cantidad del agua, plantea la posibilidad de reducir el tamaño de las plantas de tratamiento o extender la zonas de reuso. Como consecuencia, podría reducirse el área y los costos requeridos para tratar las aguas residuales y obtener mayores ingresos por esta actividad productiva.

De acuerdo a las diversas experiencias y proyectos existentes, las principales alternativas de producción forestal son las siguientes:

- franjas perimetrales de las plantas de tratamiento;
- viveros forestales;
- bosques de producción de madera y otros productos;
- entornos ecológicos urbanos; y
- protección de laderas.

Es importante destacar que la forestación puede estar orientada a la actividad comercial, como es la producción de madera y otros productos que tienen demanda en el mercado urbano, y no solo a la conformación de bosques para fines ecológicos o recreativos.

2. **Franjas perimetrales de los sistemas de tratamiento**

Los proyectos de tratamiento y uso de aguas residuales tienen un área forestal perimétrica utilizada como barrera de viento para aislar el sistema del área urbana, mejorar el ornato del lugar y evitar una eventual difusión de malos olores.

En algunos países existen normas legales que obligan a localizar las plantas de tratamiento a una distancia mínima de 100 metros del área urbana. Es lógico pensar que dicha franja perimétrica debe ser utilizada para crear un área forestal que eleve las capas de viento desde el área de tratamiento hacia la ciudad.

Dependiendo del tamaño de la planta de tratamiento y en particular cuando se trata de lagunas de estabilización facultativas, el área perimetral puede ocupar una apreciable extensión de terreno. Si se le utiliza para conformar bosques se podría esperar una producción forestal de bastante magnitud.

3. **Viveros forestales**

Un componente importante para el uso de aguas residuales es la implementación de viveros forestales, ya que diversas especies ornamentales pueden ser ofertadas en la ciudad con un beneficio económico elevado.

El área forestal periférica de la planta de tratamiento puede suministrar la semilla requerida por el vivero. Dependiendo de las especies, éstas son procesadas hasta lograr su germinación en las "camas forestales", especialmente acondicionadas para dicho propósito. Luego, cada pequeño plantón se trasplanta por separado en una bolsa plástica que contiene una mezcla de tierra vegetal, arena y fertilizantes, en donde se mantiene durante un período de 2 a 6 meses bajo condiciones de invernadero o por lo menos bajo un techado rústico para protegerlo de la radiación solar directa. Al terminar esta etapa, los plantones están aptos para ser comercializados a precios que fluctúan entre US\$ 1,00 a US\$ 5,00 por unidad, de acuerdo a la especie y el tamaño.

El maltrato y robo de plantones utilizados para la forestación de jardines exteriores y áreas verdes públicas, ha generado una creciente demanda de árboles jóvenes en la ciudad. Este nuevo

producto exige una etapa adicional de cultivo. Por ello, los plántones del vivero se trasplantan a un área agrícola, en donde se colocan en líneas separadas por surcos a una distancia de 0,6 a 0,8 m y a razón de dos a tres unidades por metro cuadrado según la especie. Este campo forestal se acondiciona con surcos para permitir el riego por gravedad con los efluentes de las lagunas de estabilización. Las especies forestales se manejan durante un período de dos a tres años hasta alcanzar los dos metros, talla considerada aparente para su venta. Dependiendo de la especie y el tamaño alcanzado, los precios fluctúan entre US\$ 10,00 a US\$ 25,00 por unidad. Durante el período de crecimiento de estos árboles es posible intercalar algún cultivo agrícola de poca altura, como camote, papa y frijoles, entre otros. Dicha actividad se conoce como agro-forestación y permite obtener ingresos adicionales, además de asegurar un flujo de caja durante el período previo a la comercialización de los árboles jóvenes.

4. **Bosques de producción**

Tradicionalmente se ha visto a la forestación como una actividad que permite desarrollar proyectos ambientales o recreativos, sin considerar que también puede generar productos comerciales de alta rentabilidad, incluso mayor que la actividad agrícola.

La alternativa que se propone con mayor frecuencia es el desarrollo de importantes áreas para la producción de madera. En este caso se trata del cultivo de especies de crecimiento vertical, de reconocida calidad y con buen mercado. Son bosques con altas densidades de 2.000 a 5.000 unidades por hectárea. En principio se recomienda trabajar con especies comerciales nativas, porque están mejor adaptadas a las condiciones ambientales y son más apreciadas en los mercados locales. Las más utilizadas son eucaliptos, pinos, cipreses y casuarinas. Dependiendo de la especie, el período de crecimiento fluctúa entre 8 a 15 años y luego se procede a la tala escalonada de las parcelas para establecer un proceso regular de comercialización. Las parcelas taladas se reforestan nuevamente para volver a integrarse al sistema escalonado.

De estas mismas unidades forestales se pueden obtener otros productos secundarios que permiten ingresos adicionales antes de la época de tala. Así, es posible obtener de 500 a 800 kg/ha/año de semillas a partir del tercer año para abastecer los viveros forestales locales. También se puede producir de 1.000 a 21.500 kg/ha/año de leña y carbón vegetal, como subproducto de las podas anuales. Estos productos han tenido una demanda inusitada en la última década porque son utilizados por la población urbana para comidas campestres y barbacoas.

Además de los productos señalados, también se puede desarrollar actividades conexas como la apicultura. Los panales de abejas se instalan dentro de las áreas forestales y de acuerdo a las especies forestales, se puede obtener diferentes tipos de miel. La miel de eucalipto es muy apreciada en muchos lugares.

Muchos países realizan un importante gasto de divisas para importar papel. Este requerimiento podría ser total o parcialmente satisfecho mediante el desarrollo de extensos bosques regados con aguas residuales, con la finalidad de producir materia prima para promover una industria papelería nacional.

La Universidad Nacional Agraria La Molina, en Lima, Perú está implementando el Proyecto "Módulo piloto de tratamiento y reuso de aguas residuales en agricultura, acuicultura y forestación" en

las Viñas de La Molina. Este módulo abarca 22,8 ha y está integrado por las cuatro áreas forestales siguientes:

- vivero forestal (existente)	4.400 m ²
- área agro-forestal	41.000 m ²
- área forestal alta	27.500 m ²
- área forestal perimétrica	13.500 m ²
	<u>84.400 m²</u>

El componente forestal que abarca 8,64 ha (40% del proyecto) tiene una finalidad productiva, además de conformar un cordón perimetral. El área forestal periférica permitirá la producción de semilla de especies forestales comerciales que luego serán germinadas en el vivero para su posterior comercialización. Se pretende obtener la siguiente producción anual:

- plantas de vivero	100.000 unidades
- árboles ornamentales jóvenes	82.000 unidades
- semillas de árboles ornamentales	2.400 kg
- leña y carbón	4.700 kg

El campo agro-forestal será acondicionado con surcos para el riego por gravedad con los efluentes de las lagunas de estabilización. Esta área tendrá el propósito de cultivar varias especies forestales ornamentales de 2 m, talla aparente para ofertarse a municipalidades y personas particulares de Lima metropolitana. Durante el período de crecimiento de estos árboles, se cultivará camote, papa, frijol y maíz.

5. Entornos ecológicos urbanos

La creciente contaminación del aire en las ciudades puede atenuarse parcialmente mediante entornos ecológicos ubicados en el cordón perimétrico del área urbana. Se estima que cada hectárea de bosque tiene capacidad de generar diariamente 1.000 kg de oxígeno y de absorber 1.500 kg de dióxido de carbono, además de retener anualmente 30 t de partículas en suspensión.

El Proyecto Lago Texcoco tiene una vital importancia en el rescate ecológico de la zona oriente de la cuenca del Valle de México (Comisión Nacional del Agua 1995). Los esfuerzos realizados desde 1971 están permitiendo el aprovechamiento racional de los recursos naturales, la recuperación de suelos, el desarrollo forestal y el saneamiento ambiental de 14.500 ha regadas con aguas residuales y de escorrentía. En el componente forestal se han realizado las siguientes acciones:

- Implementar 27 km de cortinas rompevientos con 500.000 árboles.
- Construir un vivero forestal con capacidad para 8 millones de plantones (brinzales).
- Implementar un parque para la reserva de la fauna silvestre.
- Forestar la zona montañosa de la cuenca del lago Texcoco.

Los trabajos aún continúan y se ha planificado evaluar el uso de las aguas forestales en diversas especies forestales.

Otro caso es el Complejo Bioecológico de San Juan de Miraflores, ubicado a 15 km al sur de Lima, Perú. Tiene un bosque de 15 ha sembrado de eucaliptos asociados con casuarinas, molles y otras especies. Este módulo es administrado por el Programa Especial del Ministerio de Vivienda y Construcción del Perú. Durante los últimos años, debido a la falta de vigilancia, 30% del bosque ha sido talado por extraños.

El principal problema de los entornos ecológicos es su mantenimiento y conservación. Normalmente son administrados por los municipios y otras entidades públicas que, por lo general, tienen serias limitaciones institucionales y económicas. Una alternativa es proponer la gestión privada de parcelas forestales. Al inicio, el gobierno local participaría en la implementación del proyecto y luego las parcelas se entregarían a los agricultores para su conservación y explotación racional. Ello significa que estos bosques deberán ser regados y protegidos, y luego de la tala deberán ser nuevamente reforestados con las mismas especies y densidad como les fueran asignados.

6. **Protección de laderas**

La protección de laderas contrarresta los efectos de la erosión pluvial y eólica, y mejora las condiciones ambientales y paisajísticas de las zonas urbanas.

Como parte de los trabajos de recuperación de la zona montañosa de la cuenca del valle de México, durante 20 años el Proyecto del Lago Texcoco ha desarrollado actividades forestales, incluida la producción de brinzales en invernaderos para ser plantados en las zonas desforestadas (Comisión Nacional del Agua 1995).

También en el distrito de La Molina en Lima, Perú, se está elaborando un proyecto que pretende forestar 350 ha de laderas de los cerros que rodean esa comunidad. Para ello se ha propuesto el bombeo de las aguas residuales del distrito hacia unas excavaciones realizadas por las empresas que explotan los yacimientos de arena ubicados a 10 km y 45 m sobre el nivel de la zona urbana.

7. **Referencias bibliográficas**

- Barrientos, César. 1988. *Proyecto inicial de sistemas integrados para el saneamiento y desarrollo comunitario en áreas periurbanas de la ciudad de Guatemala (estudio de factibilidad)*. Ciudad de Guatemala: Asociación de Desarrollo Comunitario Guatemala.
- Batista Almada, M.N.; Rodríguez, A. 1984. *Estudio de factibilidad de un sistema de tratamiento de aguas residuales proveniente de una zona de Caracas para utilizarlas en riego de áreas verdes recreacionales*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería.
- Brissaud, F.; Restrepo-Bardon, M.; Soulié, M.; Joseph, C. 1991. Infiltration percolation for reclaiming stabilization pond effluents. *Water science and technology* 24(9):185-193.
- Chaudhuri, Nilay; Basu, A. 1976. Ecologically balanced community waste water disposal systems for developing countries. *Journal of the Institution of Civil Engineers* 56:71-75

- Comisión Nacional del Agua. 1995. *Propuesta de proyectos a desarrollar por la Gerencia del Lago Texcoco, en el marco de actividades para la creación del Centro de Estudios relacionados con el Reuso de Aguas Residuales en la Agricultura*. México: Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Couillard, D.; Grenier, Y. 1987. Alternatives a la gestión des boues residuaires municipales: recyclage en sylviculture. *Sciences et techniques de l'eau* 20(3):215-220.
- Duboise, S.; Moore, B.; Sagik, B. 1976. *Surface application of municipal effluents. Virus aspects of applying municipal waste to land*. Presentado en el Symposium on Virus Aspects of Applying Municipal Waste to Land, Gainesville, Jun. 1976. Gainesville: University of Florida. p. 69-76.
- Kowal, N.; Pahren, H.; Akin, E. 1981. Microbiological health effects associated with the use of municipal wastewater for irrigation. *En: D'Itri, F.M.; Aguirre Martínez, Jorge; Athie Lambarri, M. Municipal wastewater in agricultural*. New York: Academic Press. p. 271-342.
- Llerena V.; Arévalo, J.; Solano V. 1988. Uso potencial de lodos residuales en el ex-lago de Texcoco. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. *Actas del congreso*. Querétaro, SMISAAC. p. 1-6.
- Machno, P.S. 1986. Seattle's diversified approach to sludge use. *BioCycle: Journal of waste recycling* 27(6):36-37, Jul.
- México, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología; Ayuntamiento de Texcoco. 1987. *Ecología en Texcoco*. Presentado en Conferencias La Ecología en Texcoco. Texcoco, México.
- Perú, Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. 1993. *Complejo biotecnológico de San Juan de Miraflores*. Lima: Dirección General de Medio Ambiente.
- Perú, Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. 1994. *Venciendo al desierto*. Lima: Dirección General de Medio Ambiente.
- Moscoso, J. 1993. *Módulo Piloto de Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales en Agricultura, Acuicultura y Forestales en Las Viñas de La Molina. Perfil del proyecto*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Obras Sanitarias de la Nación. 1980. *Proyecto tratamiento, conducción y aprovechamiento de los efluentes Campo Espejo*. Mendoza, Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas, Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua.
- Perú. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Aguas, Suelos e Irrigaciones. 1991. *Agricultura bajo riego con aguas servidas tratada, en las zonas áridas ubicadas el*

Oeste de la ciudad de Chiclayo.

- Petróleos Mexicanos. 1984. *Restauración ecológica del pantano Santa Alejandrina y arroyo San Francisco; primer informe.* México, DF: PEMEX, Subdirección de Planeación y Coordinación.
- Pimentel, D. 1986. Water resources for food, fiber and forest production. *Ambio: journal of human environment* 15(6):335-340,
- Poggi, Héctor; Ochoa, J. 1984. Estudios de tratabilidad de aguas residuales para su reuso en riego. Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación y Estudios Avanzados. *Actas del Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 4. Morelia, México, 18-20 oct.* p. 253-258.
- Robinson, J.; Smith, L. 1984. Treatment of sewage for use in municipal irrigation in Abu Dhabi, UAE. *Water pollution control* 83(3):387-399.
- Saavedra, Jorge; Millán, José. 1991. *Análisis de factibilidad de tres proyectos de reuso de aguas jabonosas.* Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana Industrial. Seminario Internacional sobre el Uso Eficiente del Agua. México, D.F, 21-25 oct.
- Sloan, W.H. 1984. Irrigation of public use areas by land application of combined industrial and domestic waste effluent. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 56(5):474-481, May.
- Sopper, W.; Kardos, L. 1963. *Vegetation responses to irrigation with treated municipal wastewater.* Philadelphia: Pennsylvania State University, School of Forest Resources and Department of Agronomy.
- Sutherland, J.; Cooley, J.; Neary, D.; Urie, D. 1974. *Irrigation of trees and crops with sewage stabilization pond effluents in southern Michigan.* EPA 660/2-74-041.