

Ventajas e inconvenientes

# Uso de efluentes biológicos en goteo o aspersión

En algunas zonas en que el agua fresca es escasa se pueden utilizar los efluentes biológicos para regar. Pueden ser aguas servidas tratadas, agua residual de operaciones de producción animal o agua que provenga de procesos agroindustriales.

Los efluentes biológicos, en general llamados aguas residuales o de desecho, pueden transformarse en un recurso útil y no algo para deshacerse al menor costo. Tanto en riego por aspersión como en riego por goteo, se han usado con éxito para regar con efluentes y hay claras ventajas en riego con estos recursos, pero se debe evitar la degradación del medioambiente y las potenciales pérdidas económicas. El siguiente artículo fue escrito por Todd P. Trooien, ingeniero en recursos naturales y profesor de la Universidad Estatal de Dakota del Sur (EEUU).



*En algunos casos los nutrientes que contiene el efluente pueden ser más valiosos incluso que el agua misma (N, P, K).*

La composición de cada efluente particular dependerá de la fuente pero por lo general contienen nutrientes tales como nitrógeno (N), fósforo (P) y en ocasiones potasio (K), todos ellos importantes para satisfacer los requerimientos nutricionales de los cultivos. Las concentraciones de nitrógeno total van desde un mínimo de 400 mg/L o más y las de fósforo van desde 50 mg/L hacia arriba; además, la mayoría de los efluentes contienen algunas sales. Dependiendo de la fuente de agua se debe monitorear la concentración total de sales, la concentración de iones específicos o –en algunos casos– ambas variables. Los efluentes también pueden contener patógenos tales como bacterias, virus y protozoos y también es probable encontrar materia orgánica y sólidos suspendidos.

Las aguas municipales tratadas

o efluentes domésticos, tienden a tener bajas concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST). Algunos estudios reportan valores de entre 5 y 30 mg/L, pero existen efluentes que presentan concentraciones de SST de hasta 300 mg/L.

Los efluentes provenientes de la industria pecuaria presentan concentraciones aún más altas de sólidos en suspensión, con valores de TSS que, por lo general, rondan los 500 mg/L y que pueden ser tan altos como 1.500 mg/L o más.

## Muchas ventajas pero con peligros potenciales

El riego con efluentes biológicos presenta varias ventajas y una de ellas es que permite que las fuentes de agua potable o agua dulce fresca se reserven para otros

usos, ya que los cultivos no requieren de agua de tan alta calidad. Otra ventaja es que los nutrientes en el efluente pueden ser de utilidad al cultivo. De hecho, en algunos casos, esos nutrientes pueden ser más valiosos incluso que el agua misma. En particular los macronutrientes tales como N, P y K son valiosos porque la mayoría de los cultivos bajo riego los requiere en cantidades relativamente grandes. Es así que en algunos casos la relación costo beneficio del riego con efluentes resulta favorable. Cada sistema de riego específico (goteo o aspersión) puede además aportar beneficios específicos, los que serán detallados más adelante.

También existen potenciales amenazas cuando se riega con aguas residuales ya que en ocasiones los componentes de los efluentes conllevan peligros. Si bien los nutrientes que contienen los efluentes pueden ser valiosos,



*El riego con efluentes se utiliza en cultivos forrajeros tales como maíz para alimentación animal, en los cuales la normativa no es tan estricta.*

cuando su concentración en el efluente o en el suelo regado es excesiva, en ciertos casos puede haber problemas. Así mismo, la salinidad del efluente también requerirá de un cuidadoso manejo. En muchos lugares del mundo se ha estudiado exhaustivamente el manejo de la salinidad en el riego

y es aconsejable considerar esos estudios antes de regar con efluentes.

Los sólidos en suspensión también deben ser manejados para evitar el taponamiento de los emisores u otros importantes componentes del sistema de riego. Por último, se deberá tener mucho cuidado en prevenir que los patógenos del

efluente provoquen infecciones en los seres humanos. Diferentes países, estados, y la Organización Mundial de la Salud (OMS), han desarrollado directrices para regular la exposición de los seres humanos a esos patógenos y otros han desarrollado directrices para evitar la exposición de humanos a los efluentes utilizados. Los microorganismos pueden estar presentes en distintas concentraciones dependiendo del efluente y la mejor forma de conocer las concentraciones de sólidos totales en suspensión, sales y organismos patógenos de un efluente, es analizar una muestra de agua en un laboratorio certificado.

### Algunos prerequisites para implementar la técnica

Sin importar el tipo de sistema de riego que se utilice, el objetivo del riego será maximizar el rendi-

## Hidráulica

Bombas Domésticas / Bombas Autoaspirantes / Bombas Sumergibles / Bombas Industriales y de Presurización

anwo.cl



**DAB**



### SOPORTE / RESPALDO / TECNOLOGÍA

- Equipos Hidroneumáticos y de velocidad variable (Ahorro 30% de energía)
- Bombas Centrífugas horizontales y verticales multietapa.
- Bombas Pozo profundo 4", 5" y 6".
- Bombas Sumergibles Aguas Servidas y Drenaje.

Venta a través de Instaladores - Distribuidores





Con los sistemas de goteo subterráneo se reducen las posibilidades de contacto del efluente con las personas ya que el agua es aplicada bajo la superficie del suelo.



miento del cultivo y el retorno del agricultor. Para cumplir con este requisito es importante que el agua de riego se aplique de manera uniforme, incluso cuando se riega con agua de buena calidad, pero cuando se aplica un efluente, una buena uniformidad es aún más importante. Así, una buena planificación, diseño y prácticas de manejo, será lo apropiado para un sistema que aplique efluentes. Una de las primeras consideraciones in situ es la disponibilidad, en tiempo y espacio,

de aguas residuales y de agua fresca. Idealmente la fuente del efluente estará cerca de la zona de riego y el recurso se generará durante el peak de la temporada de riego.

El suelo deberá ser suficientemente permeable para permitir un adecuado movimiento del agua y su drenaje, pero también deberá tener una adecuada capacidad de retención y de intercambio para retener momentáneamente los componentes del efluente. El perfil de suelo debe ser lo bastante grueso como para proveer una adecuada zona de raíces y de volumen suficiente para almacenar e intercambiar los componentes del efluente. Por otro lado, el clima debe ser adecuado para el desarrollo y la degradación de la materia orgánica aportada por la fuente de agua. La superficie de tierra requerida para un sistema de riego con agua residual dependerá del cultivo a regar, del clima y de las características del efluente. Además, cualquiera de los componentes del agua residual puede ser un factor limitante para el cultivo, por lo general el volumen de agua, el nitrógeno o el fósforo, ya que es difícil que los requerimientos del cultivo se ajusten exactamente a esos tres parámetros del efluente.

Un ejemplo. En cierto lugar el maíz bajo riego requiere 450 mm de agua por sobre lo que le aporta la lluvia, 340 kg por hectárea de nitrógeno y 45 kg de P/ha durante

### Kobi Shilo, Agrónomo Jeje de NaanDanJain (Israel) Goteros adecuados para aguas residuales:

#### Adaptación de los sistemas de riego al uso de agua residual

Los fabricantes de sistemas de riego por goteo están desarrollando productos para los requerimientos de uso de aguas residuales basadas en el conocimiento profundo de las características especiales y del comportamiento de ese tipo de agua. Según Kobi Shilo, se deben considerar tres aspectos principales: (1) los efectos químicos en los componentes de los goteros y el efecto prolongado en el suelo y en el cultivo o huerto frutal; (2) los efectos físicos de altos niveles de materia orgánica, la que puede incrementar la obturación de los delgados pasajes de agua en los goteros y en algunas texturas de suelo puede provocar diferencias en

el movimiento del agua; (3) Efectos en la salud y el medioambiente. El agua residual contiene una cantidad de sustancias que pueden afectar los equipos de riego y sus características por sus diferencias de calidad con el agua dulce. Esto debido al mayor número de partículas de diferentes tipos y tamaños, así como a sustancias químicas que ya existían en el agua o que son añadidas en el proceso de tratamiento. Por ejemplo, el cloro es normalmente usado para evitar el desarrollo de microorganismos tales como algas y bacterias. Shilo señala que se han realizado una serie de modificaciones en los sistemas de riego por goteo, en especial en los goteros autocompensados, para adaptarlos a las aguas residuales y para hacerlos adecuados en

el largo plazo. Entre otros aspectos los goteros fueron rediseñados para que no se obturen.

“Las aguas residuales presentan un patrón de distribución en el suelo diferente al del agua dulce, mostrando una menor distribución horizontal. Por esto la configuración del sistema de riego requiere de una mayor densidad de goteros (menor distancia entre goteros) y de un mayor caudal por gotero, de modo de cubrir totalmente el área de cultivo. Se debe contar con agrónomos experimentados en las especiales características del agua residual y esos expertos deben además asegurarse de que todo el equipo periférico, por ejemplo filtros y bombas, sean resistentes a la corrosión química”, afirma el experto.



la temporada de cultivo y la fuente es agua municipal tratada con una concentración de 50 mg/L de nitrógeno total y 7 mg/L de fósforo. Si asumimos que todos los nutrientes del efluente quedan disponibles para el cultivo, se necesitan 640 mm de efluente para alcanzar los requerimientos de nitrógeno del mismo y 680 mm para alcanzar los requerimientos de fósforo. Entonces las necesidades de agua del cultivo se satisfacen antes que los requerimientos de nitrógeno o fósforo.

Se deberá agregar nitrógeno y fósforo adicional para alcanzar los requerimientos del cultivo en esa área de riego y se deberá decidir la superficie a regar en base al volumen esperado de agua anual disponible. Se pueden dar ejemplos similares usando otras fuentes efluentes en las que las necesidades de nitrógeno se alcanzan primero (requiriendo riego y fósforo adicional) o donde los requerimientos de fósforo se alcanzan primero.

### Varias ventajas particulares del riego por goteo

Existen muchas ventajas específicas en el uso de sistemas de goteo para regar con aguas residuales. Una es que se reduce la exposición humana al efluente, producto de la deriva por viento. Esto es especial-

mente importante en áreas pobladas. Otra ventaja es que se reducen los daños en las plantas regadas, ya que el efluente no es aplicado directamente en los tejidos vegetales. Además, se utilizan bajas tasas de aplicación y los requerimientos de presión son menos exigentes, lo que hace más flexible al sistema de riego. El sistema se puede adaptar a formas y tamaños desuniformes de campo. La posibilidad de aplicar, de manera precisa, pequeñas cantidades de agua permite regar perfiles superficiales de suelo o suelos erosionables y, además, el efluente y sus componentes son aplicados de forma homogénea. Por último, las bajas tasas de aplicación reducen la potencial corrosión –y problemas asociados de las diferentes piezas plásticas de los sistemas de riego.

Las ventajas se incrementan si se utiliza sistemas de goteo subterráneo para aplicar efluentes. Con estos sistemas se reducen aún más las posibilidades de contacto con las personas ya que el agua es aplicada directamente en la zona de raíces y no en la superficie del suelo. En algunos casos disminuyen las distancias dentro del cultivo y la escorrentía se minimiza, pues el agua residual es aplicada bajo la superficie del suelo. Además, cuando los sistemas de goteo subterráneo son diseñados y operados para mantener seca la superficie de la tierra, la germinación de malezas y la sobre-

vivencia de bacterias disminuye. Así mismo se reducen o eliminan los daños por “vandalismo” y los olores causados por la aplicación de aguas residuales.

Así como también se reduce la contribución del agua de riego a la humedad del aire (evaporación) por lo que se puede regar una mayor superficie. En algunas situaciones incluso se pueden aplicar efluentes de fosas sépticas cuando fallan los sistemas convencionales.

Sin embargo, hay potenciales desventajas de aplicar efluentes a través de riego por goteo. Por ejemplo, posibles obstrucciones del sistema, en especial de los emisores, lo que puede originar desuniformidad de aplicación o fallas del sistema. Los costos de instalación pueden ser superiores a los de otros sistemas, y el mantenimiento, y en especial los requerimientos de monitoreo, pueden incrementarse para lograr que el sistema funcione

tal como fue diseñado.

El manejo de los sistemas de riego por goteo requiere de un mayor nivel de experiencia y conocimiento. En algunos lugares la experiencia en uso de riego por goteo es limitada lo que podría resultar en diseños de sistemas o manejos inadecuados. Además, hay áreas y cultivos en que los sistemas de goteo subterráneo pueden sufrir de intrusión de raíces causando taponamientos de emisores.

Por último, las tasas de acumulación de nutrientes podrían ser excesivas –en especial cuando se utilizan sistemas de goteo subterráneo– debido a la reducción de la pérdida de nutrientes por volatilización.

La principal causa de pérdida de eficiencia o falla de los sistemas de goteo es la obturación de emisores. El riego con efluentes presenta mayores desafíos en la prevención de obturación de emisores debido a la

- Más de 16.700 hectáreas en Chile desde Copiapó a Osorno y en Argentina.
- Ingenieros Civiles, Agrónomos y Técnicos conforman nuestro equipo de profesionales.
- Eficiencia y Calidad.

**HIDROtop**  
SISTEMAS HIDRAULICOS



### Servicios:

- Diseño y ejecución de proyectos de riego.
- Pozos profundos y estudios de tranques.
- Automatismo, fertirrigación y control inalámbrico.
- Mantenimiento de bombas, filtros y accesorios.
- Soporte post-venta.
- Control de heladas.
- Capacitación.

mayor concentración de nutrientes, sales, sólidos y organismos vivos. Se puede reducir el peligro de obturación de emisores implementando medidas de diseño y manejo en las siguientes 5 áreas: (1) seleccionar los componentes apropiados, en especial los emisores; (2) filtrar adecuadamente el efluente; (3) suprimir el desarrollo de organismos y la precipitación química con el tratamiento adecuado (inyectando químicos); (4) eliminar materiales del sistema (lavar y retrolavar) cada vez que sea necesario; y (5) monitorear el sistema de modo que pequeños problemas no se transformen en grandes problemas.

Uno de los principales compromisos de diseño en el riego por goteo consiste en mantenerse en el rango de bajo caudal para minimizar los requerimientos de hardware de control en tanto se mantienen altas tasas de flujo de los emisores para disminuir la susceptibilidad



La aspersión es utilizada rutinariamente para aplicar efluentes biológicos en áreas donde el principal sistema de riego es el pivote central.

a la obturación. Esto es especialmente verdad cuando se riega con efluentes debido a la mayor concentración de sólidos en la mayoría de las fuentes disponibles. El exceso

de sólidos deberá ser filtrado y por lo general los fabricantes de emisores y líneas de goteo entregan recomendaciones de filtrado para sus productos. Se deben seguir esas recomendaciones considerando que existen pocas tecnologías de filtrado que logren alcanzar el nivel de filtrado recomendado.

En múltiples estudios se ha demostrado que los filtros de arena son efectivos y los filtros de disco han sido exitosos en algunos proyectos. A su vez, los filtros de malla también pueden funcionar, pero generalmente la filtración adicional

que se obtiene al combinar filtros de malla con filtros de arena resulta en una mejor protección de los emisores.

Cuando el diferencial de presión a través del filtro es mayor a 35 kPa se debe retrolavar el filtro y se deberán inyectar productos químicos que eviten la obturación biológica de los emisores.

La cloración es el método más común para suprimir el desarrollo de organismos. Ésta puede ser continua, con concentraciones bajas, o intermitente pero con altas concentraciones de cloro. La inyección de



SUELO • FOLIAR • AGUA • FITOPATOLOGÍA



- Laboratorio especializado en análisis para diagnóstico nutricional y fitopatológico.
- Interpretación de análisis por especialista y asesorías.
- Identificación de patógenos en vegetales y sustratos.
- Servicio de toma de muestras en terreno.

José Domingo Cañas 2914 – Ñuñoa – Santiago  
Teléfono: (56 – 2) 2258087 – Email: laboratorio@agrolab.cl  
www.agrolab.cl



ácido puede ser un complemento para reducir el pH y de esa forma incrementar la efectividad de la cloración. Como alternativa existen productos diseñados especialmente para el riego con efluentes, los que impregnan la tubería con materiales antimicrobianos para prevenir el "taponamiento biológico" de los emisores. En algunos casos se deberá inyectar producto, además, para prevenir las obturaciones por precipitación química. El producto para prevenir la precipitación química dependerá del riesgo específico y deberá ser seleccionado en base a análisis de laboratorio de muestras del efluente.

Un método de control biológico que se ha mostrado promisorio a nivel de pruebas de laboratorio, es la inyección de bacterias antagonistas para eliminar los organismos obturadores (bacterias y hongos). Se debe lavar (flushing) las líneas de goteo para remover las partícu-

las más pequeñas que no alcanzan a ser removidas por el sistema de filtrado y cualquier forma de desarrollo biológico dentro de las líneas. La velocidad de lavado deberá ser de 0,3 m/s o mayor para mover adecuadamente los sólidos de las líneas, incluso se recomienda velocidades iguales o superiores a 0,5 m/s.

En casos severos la frecuencia de lavado debe ser incluso diaria, pero es más frecuente encontrar regímenes de lavado semanales, dos veces por semana o mensuales. Si los requerimientos de lavado son exagerados, una mejor filtración puede reducirlos. Se debe considerar que la obturación de emisores es un evento continuo y acumulativo y que es más fácil revertir una obturación tempranamente que hacerlo luego de que se ha vuelto severa. Por este motivo, el monitoreo exhaustivo del sistema de riego puede prevenir que un pequeño

problema se transforme en severo. Como mínimo se deberá monitorear presión y caudal. Los puntos adecuados de monitoreo de la presión incluirán el punto de entrada y sobre y bajo los filtros. Medir presión antes y después de cada filtro es útil para automatizar el retrolavado de los mismos. Monitorear el caudal de todo el sistema es básico y en muchos casos será necesario monitorear el caudal en cada sección. Los avances de la tecnología de sensores y de comunicación de datos hacen que los sistemas de monitoreo sean más fáciles de implementar y usar, y mejores para el manejo de información.

### Riego por aspersión: una tecnología masificada

La aspersión es rutinariamente utilizada para aplicar efluentes biológicos en áreas donde el prin-

cipal sistema de riego es el pivote central, como las grandes llanuras de EEUU, ya que son muchas los beneficios de aplicar efluentes mediante aspersión. En primer lugar, porque en muchas regiones es una tecnología conocida, los regantes tienen mucha experiencia y les acomoda el sistema. Las boquillas de los aspersores son más grandes que los emisores de los goteros y más difíciles de obturar. Aunque los taponamientos aún son posibles, éstos son más fáciles de remediar ya que el acceso a los lugares con problemas es más expedito que en los sistemas de goteo. Además, en muchos casos el costo de instalación por hectárea es menor que con sistemas de riego por goteo.

Existen sistemas móviles (transportables) por lo que agua y nutrientes pueden ser aplicados sobre diferentes campos, reduciendo la excesiva acumulación potencial de nutrientes y la degradación medio-



ITT

Water &amp; Wastewater

Avanzados sistemas de riego

Piense en ITT

Nuestras bombas LOWARA están presentes en el área agrícola, contribuyendo en la impulsión y distribución de las aguas con mayor eficiencia, calidad y ahorro de energía.



WEDECO



Alcalde Guzmán 1480, Quilicura  
Teléfono: (56-2) 562 8600 - Fax : (56-2) 562 8602  
Mail: central.chile@itt.cl  
[www.ittwww.cl](http://www.ittwww.cl)



Líder a nivel mundial  
en transporte y  
tratamiento de fluidos

### Jonathan Paetz, Valmont Water Management Group Reutilizar agua servida mediante pivotes:

A través de una serie de cañones secuenciales, el Valley Slurry Manager aplica estiércol, residuos industriales líquidos, y aguas municipales que contienen sobre un 4% de sólidos, con menor compactación de suelo y reducidos requerimientos energéticos, en comparación con aplicadores de tractor. El Valley BaseStation2-SM, un sistema centralizado de manejo de riego, permite monitorear y controlar remotamente las aplicaciones de agua residual o fresca en pivotes centrales o lineares. El Water Sentinel, una herramienta Web de administración de bases de datos para sistemas de aplicación de agua residual, puede ser integrado con datos provenientes del BaseStation2-SM. Esta herramienta de administración de datos personalizada provee al usuario final de información en tiempo real, sobre el riego del cultivo y la carga de nutrientes, con el fin de cumplir las normativas y los reportes exigidos. La aplicación al campo de aguas residuales provenientes de la agricultura, industria, municipios, industria alimenticia, minería o generación de energía puede reducir la necesidad de fertilizantes comerciales, de explotar aguas subterráneas y ahorrar energía. Así mismo elimina las descargas de aguas residuales a ríos y arroyos. Este tipo de aplicación incrementará su utilidad en el futuro y en Valmont estamos preparados para ese incremento.



*Existen sistemas móviles (transportables), ej. pivotes, por lo que los efluentes pueden ser aplicados sobre diferentes campos, reduciendo la potencial excesiva acumulación de nutrientes y la degradación medioambiental.*

ambiental. Un sistema diseñado y manejado correctamente puede aplicar el efluente de forma muy uniforme y, por otro lado, muchos sistemas de aspersión pueden ser controlados visualmente ya que los regantes pueden ver el agua mientras es aplicada.

También existen potenciales desventajas. Cuando se riega en condiciones ventosas puede resultar en deriva y en la aplicación del efluente en áreas no deseadas. Los nutrientes y otros componentes se pueden volatilizar afectando la calidad del aire y pueden causar daños por el contacto del efluente con las partes sensibles de las plantas, en especial las hojas. Así mismo el contacto con el efluente puede contaminar las partes de las plantas destinadas al consumo humano. Por último, algunos efluentes pueden corroer las piezas metálicas con las que entran en contacto.

Los problemas de aplicación o de deriva por viento pueden ser corregidos mediante la instalación de aspersores colgantes de modo que

el efluente sea aplicado a un metro o menos de la superficie del suelo. Si la altura de los aspersores es suficientemente baja, se logra minimizar el contacto entre el efluente y las hojas, reduciendo el daño potencial. Pero si no se reduce el tamaño de la boquilla (y de las gotas) se incrementará la tasa de aplicación instantánea por lo que la tasa de infiltración del suelo deberá ser suficiente como para permitir una adecuada infiltración, de modo de evitar una escorrentía excesiva. Los aspersores colgantes podrían no ser apropiados para suelos poco permeables, con pendientes fuertes u otras condiciones que incrementen la probabilidad de escurrimiento, a menos que se utilicen prácticas especiales de labranza. Por último, el espaciamiento de los aspersores debe ser apropiado para que el patrón de traslape sea adecuado y maximice la uniformidad de aplicación. Cuando los aspersores estén instalados cerca del suelo el espaciamiento entre ellos debe disminuir para mantener una buena

uniformidad. Existen diferentes tipos de boquillas que son utilizadas con éxito en el riego con efluentes.

La regulación (normativa) es más rigurosa cuando el efluente es aplicado con aspersores en cultivos para consumo humano, por el posible contacto directo, en especial cuando son alimentos para consumo fresco. Por lo general el riego con efluentes se utiliza en cultivos forrajeros como el maíz para alimentación animal, en los cuales la normativa no es tan estricta.

Algunos fabricantes de equipos de riego han enfrentado la corrosión desarrollando tuberías revestidas. El revestimiento evita el contacto del efluente con el metal y extiende la vida útil de la tubería y del sistema de riego.

En algunos lugares la aplicación de aguas residuales está limitada por la concentración de fósforo en los primeros centímetros del perfil de suelo, debido al peligro de contaminar las aguas superficiales en las que el fósforo puede provocar un explosivo crecimiento de algas.

Cuando se aplica un efluente rico en fósforo, por ejemplo residuos de engorda de vacunos (feedlot), el fósforo puede acumularse muy rápido en el perfil de suelo. La posibilidad de transportar los sistemas de aspersión es clave ya que permite regar con el efluente en otro campo en tanto el cultivo del campo anterior consume el fósforo aplicado.

### Menos volatilización de amonio con goteo subterráneo

En las grandes llanuras de EEUU se comparó de manera directa el goteo subterráneo con un sistema de aplicación de precisión de baja altura (low elevation precision application: LEPA) de pivote central. El rendimiento del maíz fue semejante bajo ambos sistemas cuando se aplicó suficiente efluente como para alcanzar los requerimientos de



nitrógeno del cultivo. Sin embargo, después de dos años de estudio los sistemas se diferenciaron en la cantidad de nitrógeno perdido. Se consideró perdido a todo el nitrógeno aplicado con el efluente que no fue cosechado o almacenado en el perfil de suelo (2,4 m de profundidad). Cuando la cantidad de efluente aplicado fue adecuado a los requerimientos de nitrógeno del cultivo (490 kg/ha para dos años) no hubo nitrógeno perdido con el goteo subterráneo (de hecho además se mineralizó nitrógeno extra

del suelo), pero se perdieron 156 kg/ha con el LEPA. Al final del estudio había más nitrógeno remanente en el perfil de suelo con el goteo subterráneo.

Las alternativas de pérdida incluyen volatilización y lixiviación, aunque la lixiviación fue minimizada mediante un manejo cuidadoso del riego. Estos resultados son consistentes con los de otros estudios que han mostrado el potencial de volatilización del N-amoniaco cuando es aplicado mediante aspersión. En resumen, el riego con



efluentes puede ser exitoso tanto con riego por goteo como por aspersión. Hay muchas ventajas en regar con efluentes pero la aplicación debe ser cuidadosa para evitar degradar el medioambiente y las pérdidas económicas. Del mismo modo que cuando se riega con agua de cauces naturales no contaminados, el goteo y la aspersión muestran sus particulares ventajas y desventajas al regar con efluentes biológicos. **CR**

*Artículo publicado con autorización de New Ag International.*

# IRRIMON