

CAPÍTULO 12

BENEFICIOS DEL RIEGO POR GOTEO EN CULTIVOS ANUALES

Ahorro de Agua

El ahorro de agua se cita frecuentemente como el principal incentivo para cambiar hacia el goteo en cultivos anuales. La gente no familiarizada con el riego, con frecuencia se sorprende porque todos los agricultores no se cambian a goteo “en virtud de toda el agua que puede ahorrarse”. La discusión que a continuación se presenta trata únicamente el ahorro de agua a nivel predial, en lugar del ahorro de agua a nivel de cuenca hidrológica.

1. Perspectiva del agricultor
 - a. El principal beneficio **no** es el ahorro de agua, aún cuando este ocurre frecuentemente.
 - b. Es inusual que un agricultor use más agua con goteo en cultivos anuales que con surcos o con aspersores.
 - c. La mayoría de los agricultores manifiestan que usan la misma cantidad de agua, o menor, en comparación con otros métodos de riego. Algunos productores informan sobre reducciones significativas en volúmenes de aplicación de agua.
 - d. En muchas situaciones es difícil obtener números precisos sobre aplicación de agua, ya que aunque existan medidores de caudal en un pozo, es inusual que a nivel de predios individuales se lleven buenos registros de aplicación de agua.
2. Perspectiva teórica
 - a. Asumiendo que un cultivo se riegue antes de que ocurra estrés, la transpiración del mismo será igual con cualquier método de riego o suelo.
 - b. Hay muchos factores que pueden contribuir a una reducción en el agua aplicada con goteo en cultivos anuales. Estos factores incluyen:
 - i. Durante la germinación y la emergencia, es importante mantener una superficie de suelo húmeda. Algunas veces el goteo en cultivos anuales vence a los otros métodos de riego “a ojo cerrado” en su habilidad para hacer esto, **siempre y cuando** la separación entre los orificios sea cercana y la cinta no se haya enterrado muy profundamente. Como ejemplo, en el Valle San Joaquín, una plantación de tomate requiere a menudo entre 15 cm y 30 cm de lámina de agua en exceso a la que el suelo puede almacenar con riegos frecuentes, para mantener húmeda la superficie de suelo. Más adelante en esta publicación se señalará que en

- muchas combinaciones de suelo/cultivo, los agricultores han tenido un éxito muy pobre en la germinación por medio de sus sistemas de goteo.
- ii. Los efectos de borde con aspersores en predios pequeños y de forma irregular (típicos en muchas áreas de explotaciones hortícolas) son de bastante consideración, en términos de porcentaje. El goteo elimina este problema.
 - iii. Se eliminan pérdidas por deriva asociadas con aspersores. Las pérdidas por deriva varían entre 6% (para riegos frecuente, gotas de gran tamaño y sin vientos) a 20% o más.
 - iv. Hay muy buen control sobre la lámina de agua aplicada y se puede manejar para que sea igual a los requerimientos de transpiración de las plantas.
 - v. Un sistema de goteo para cultivos anuales bien diseñado y mantenido tendrá cerca de la misma uniformidad de distribución (UD) que otros sistemas bien diseñados y mantenidos. Sin embargo el goteo es único en el hecho de que es posible obtener una buena UD aún con aplicaciones de pequeñas láminas de agua.
- c. En realidad, los agricultores generalmente no conocen la tasa exacta de evapotranspiración y además, pueden tener que manejar muchos lotes pequeños. Por consiguiente, la programación real del riego es usualmente menos que “perfecta”. Sin embargo, la habilidad para CONTROLAR riegos livianos, aplicados virtualmente en cualquier momento del día, les da una ventaja en manejo del agua con respecto a los demás métodos de riego.

Ahorro de Energía

Los kilovatios-hora de energía ahorrada están asociados con el bombeo del agua de riego. Los factores que afectan este ahorro se mencionan a continuación:

1. Los kilovatios-hora consumidos dependen de:
 - a. La potencia del motor que impulsa la bomba (hp o kw), la cual a su vez depende de:
 - i. El caudal.
 - ii. La altura manométrica total dinámica (presión)
 - iii. La eficiencia del motor y de la bomba.
 - b. Las horas de operación por año.
2. Al final, las reducciones (o incrementos) de potencia en el bombeo para goteo en cultivos anuales revierten dos temas de discusión:
 - a. Es la eficiencia de riego mejor que antes? Esto tiene en cuenta el caudal y las horas de operación por año.

La respuesta a esta pregunta se encuentra en la discusión de “ahorro de agua” de la sección previa. Parece ser que en la mayoría de los casos, la eficiencia de riego se mejora. Desde luego, un sistema de riego nuevo, bien diseñado

con un costo inicial de inversión de \$1.200 a \$ 5.000 por hectárea, se espera opere con una eficiencia más alta. En aquellos casos en los cuales la eficiencia de riego sea más baja que en el sistema viejo, usualmente debe haber problemas con el diseño y/o con el manejo.

- b. Es la altura manométrica total dinámica (presión) mayor o menor que antes? Si se asume el mismo caudal, aquellos factores tales como abatimiento, profundidad del nivel estático del agua, pérdidas de energía en la columna de bombeo, cambios en elevación y presión suministrada desde fuentes externas, permanecerán iguales. Por consiguiente, las diferencias de presión tienen que ser debidas a diferencias en el sistema de riego. La Tabla 40 proporciona una idea de las presiones de entrada para lotes planos de 32,4 hectáreas (80 acres). Las presiones que aparecen listadas incluyen los requerimientos para filtros, fricción, válvulas, laterales y dispositivos finales de emisión. La Tabla 40 muestra que el ahorro en presión no necesariamente ocurre cuando uno se cambia a goteo en cultivos anuales.

Tabla 40. Presiones típicas de descarga en bombas para varios métodos de riego. Tierras planas y cultivos anuales.

Método de Riego	Presión kPa	Presión (psi)
Acequia con surcos o melgas rectangulares	0	(0)
Tubos de concreto con surcos o melgas rectangulares	21 - 48	(3 - 7)
Tubería de aluminio con compuertas	69 - 207	(10 - 30)
Goteo en cultivos anuales	207 - 310	(30 - 45)
Pivote central o movimiento lineal	172 - 414	(25 - 60)
Aspersión portátil	414 - 552	(60 - 80)

Ahorro en Fertilizantes

Los informes suministrados por los productores sobre ahorro en fertilizantes varían, pero virtualmente en todos los casos hay una reducción en la aplicación de fertilizantes, o al menos, una mejor respuesta a los fertilizantes. En el área del Valle Salinas, algunos productores han citado una reducción de 50% en la aplicación de fertilizante nitrogenado. En algunos casos, durante el primer año tales productores solo han necesitado cerca de la quinta parte de la cantidad de fertilizante previamente usado, debido al fertilizante residual en el suelo. En general, los niveles de fertilizante residual en el suelo se agotan en unos pocos años; el uso eventual de fertilizantes es entonces, en alguna cantidad, menor que antes.

El ahorro en fertilizante es importante porque:

1. La fabricación de fertilizante nitrogenado es de alto consumo de energía. La pérdida de fertilizante es, por consiguiente, una pérdida de energía.
2. El ahorro en fertilizantes es simplemente una reducción directa en gastos.

3. El impacto potencial sobre las aguas subterráneas y en general sobre la calidad del agua es tremendo. Por ejemplo, si la mitad del fertilizante previamente aplicado ha sido lixiviado con riego en exceso o debido a una programación pobre del riego, la reducción de un 50% de fertilizantes podría significar que ahora no se presente lixiviación. Sin embargo, puesto que es virtualmente imposible lograr cero lixiviación debido a la desuniformidad de aplicación del riego o a problemas inevitables relacionados con el tiempo de aplicación, una reducción del 50% en fertilización nitrogenada debe significar que previamente los productores estuvieron aplicando más del doble del nitrógeno necesario.

Mejoras en la Cantidad y en la Calidad de la Producción

Uno de los principales incentivos para el productor para invertir en riego por goteo en cultivos anuales está relacionado con la cantidad y la calidad de la producción. Un examen minucioso de agricultores exitosos revela que generalmente la adopción de goteo en cultivos anuales está acompañada frecuentemente de una vista holística nueva de prácticas agrícolas, en la cual el uso del tractor, la aplicación de fertilizantes (incluyendo el uso creciente de materiales de abono orgánico), las formas de las camas, la programación del riego y el entrenamiento del personal, también son modificados.

Los productores que buscan la ocurrencia de milagros se sentirán defraudados. Aquellos productores en búsqueda de una forma nueva de llevar a cabo las prácticas agrícolas para maximizar la producción, encontrarán que los sistemas de goteo en cultivos anuales pueden habilitarlos para adoptar nuevas técnicas, las cuales no podrían ser utilizadas con riego por surcos o por aspersión. En general, podría afirmarse que la instalación de un sistema de goteo en cultivos anuales sin cambiar las prácticas agrícolas, probablemente conducirá a un decrecimiento en la producción.

Las explicaciones más importantes sobre mejoramiento de la producción en predios con buenas prácticas agrícolas incluyen:

1. Los fertilizantes pueden ser dosificados en las cantidades y con los tipos correctos. La fertirrigación puede basarse en mediciones de campo que determinen los niveles de nutrientes adecuados para el cultivo.
2. El agua puede aplicarse diariamente de tal manera que no decrezca la tasa de transpiración por causa de estrés de humedad en el suelo, debido a valores muy negativos del potencial de la matriz del suelo o del potencial osmótico.
3. La fertilidad del suelo en la parte superior de la zona de raíces está más fácilmente disponible para las plantas, debido a que esta zona rica en nutrientes no se seca, como ocurre con surcos y con aspersores.
4. Ocurre menor compactación del suelo que con otros métodos de riego. La labranza del suelo puede mejorarse. Conviene anotar que comúnmente se afirma que esta labranza mejorada está asociada con suelos de textura media liviana; sin embargo, **algunos productores con suelos más pesados (suelos arcillosos)**

afirman totalmente lo contrario; tienen problemas de compactación y los atribuyen a la falta de labranza profunda.

5. La proliferación de enfermedades es menor porque la humedad del suelo puede controlarse mejor. Para algunos cultivos tales como tomate y melón, la habilidad para mantener seca la superficie de la cama reduce la incidencia de enfermedades. Además, pueden inyectarse químicos para prevenir el desarrollo de varios patógenos del suelo. En algunos cultivos tales como el pimiento campana, esta parece ser la clave para el éxito. Los productores pueden también inyectar bromuro de metilo u otros químicos a través del sistema de riego para eliminar *phytophthora*. En la actualidad el bromuro de metilo tiene serias restricciones legales en su uso, debido a sus efectos dañinos para el ozono de la atmósfera. Cuando es usado, se aplica típicamente solo como tratamiento pre-siembra.
6. El acceso al campo para la aplicación de pesticidas no está limitado por la presencia de surcos húmedos, como si ocurre en sistemas de riego por surcos o por aspersión. Esto es de capital importancia tanto ambiental como económicamente. Al poderse hacer aplicaciones en forma inmediata con equipos terrestres en lugar de avionetas, el control de enfermedades/insectos es rápido y puede acometerse con una fracción de el producto químico que de otra manera sería necesario. El control rápido puede también marcar una diferencia entre un cultivo apto o no para su comercialización.
7. El riego puede continuar durante la cosecha, en cultivos que requieran varios pases de recolección de la producción.
8. Los porcentajes de germinación y de emergencia se mejoran en algunos cultivos. Para variedades de plantas de semilla costosa (por ejemplo, la sandía sin semilla), esta es una consideración de orden financiero muy importante, puesto que pueden disminuirse las tasas de re-siembra. Logros de este tipo asumen que el riego por goteo solo, sin el concurso de aspersores, puede usarse para germinación.

La Tabla 41 refleja observaciones de los autores basadas en discusiones hechas con productores a través del oeste de los Estados Unidos.

Tabla 41. Respuestas de cultivos anuales observadas en sistemas de goteo de gran escala.

Tipo de Respuesta al Goteo	Cultivos Seleccionados	Comentarios
Éxitos Históricos	Fresa	Usado por más de 20 años. Mejoras en producción y en flexibilidad bien documentadas. Pueden usarse camas más altas para apoyar la cosecha. Prácticas culturales especializadas; tecnología difícil de transferir para otros cultivos anuales.
	Caña de Azúcar	Usado por más de 20 años. Mejoras en producción bien documentadas. También muy especializado.
Respuestas Excelentes o Favorables	Pimiento Campana	Respuesta excelente al goteo. Producciones más altas. Se reducen los problemas de control de enfermedades. Este es uno de los cultivos con goteo más populares; los productores pueden cultivar pimiento en terrenos que en el pasado no podían producirlo.
	Brócoli y Coliflor	Respuesta excelente en producción al goteo. La mayoría se están pasando al goteo superficial de goteo recuperable.
	Apio	Respuesta excelente al goteo. Algunos problemas con intrusión de raíces en cinta enterrada. Casi la totalidad de los productores utilizan sistemas de cinta superficial recuperable de gran diámetro y pared gruesa.
	Lechuga	Excelentes resultados con cinta recuperable en combinación con aspersores al comienzo. Fácil de causar daño a la planta por riego en exceso. Problemas con crecimiento vigoroso en algunas variedades.
	Cebolla y Ajo	Las mejoras en calidad han sido substanciales.
	Tomate	Producciones mejoradas en forma espectacular. Reducción de problemas de enfermedades. En suelos pesados, la cinta puede requerir mayor profundidad para reducir la humedad de la superficie del suelo.
	Sandía	Flexibilidad para entrar a los lotes mejorada sustancialmente. Puede aplicarse agua durante la cosecha.
Respuestas Variables	Melón Rugoso	Mientras algunos productores están absolutamente convencidos acerca de los beneficios, otros no han tenido buenos resultados. Requiere RGS. Debe prestarse atención especial a la labranza para evitar la formación de “vientres suaves” (superficie inferior suave de los melones). Los campos pueden cosecharse varias veces mientras se riega. Aplicación terrestre de pesticidas puede hacerse fácilmente.
	Maíz Dulce	El mayor problema es que el maíz deja mucha basura en el campo, la cual es difícil de incorporar. Los productores han informado sobre problemas de ratones que hacen madrigueras en las cintas en los campos de maíz ya que los ratones viven en el rastrojo.
	Algodón	El algodón es uno de los cultivos prevaletentes que han sido investigados en forma extensiva. Sin embargo, los campos de producción han tenido éxito variable y con frecuencia han resultado antieconómicos.
	Papa	Algunos productores han informado haber tenido éxitos. Existe interés creciente en cinta recuperable.
Respuestas Moderadas	Cebollino	Buena respuesta al goteo si los orificios y las cintas se separan a corta distancia.
	Cohombro	Incrementa la flexibilidad de cosecha. Los recolectores de frutos en forma manual pueden ingresar a los campos mientras se riega.
Casos Especiales	Alfalfa	Casi no hay hectareas en producción. El problema principal es el temor a la compactación debida al número de veces que el equipo de cosecha debe desplazarse dentro de los campos. La alfalfa “en hileras” (en camas) puede requerir el limitar la compactación de cintas/mangueras al tener patrones de tráfico de ruedas controlado.
	Alcachofa	Los ensayos hechos en el Valle Salinas han sido buenos. La superficie se está extendiendo.
	Espárrago	La mayoría de los productores entierran la manguera cerca de 46 cm o más. Resultados excelentes en producción.
	Granos	Los granos se cultivan en sistemas de rotación. Por sí solos son antieconómicos para cultivar bajo riego por goteo.

Otros Beneficios para los Productores

Los siguientes son los beneficios frecuentemente citados por los productores:

1. Se presentan menos lesiones en los trabajadores durante la recolección de hortalizas. El suelo es menos fangoso y por consiguiente los trabajadores no se resbalan, ni fuerzan sus espaldas tan fácilmente.
2. Algunos cultivos tales como fresas pueden desarrollarse en camas más altas.
3. Las nuevas técnicas sobre prácticas agrícolas permiten con frecuencia a los agricultores cosechar y luego plantar un nuevo cultivo dentro de una sola semana, con lo cual se logra por consiguiente un cultivo extra durante el año.
4. Aunque muchos productores citan ahorro en mano de obra, también mencionan incremento en el tiempo de manejo. Para tener éxito, este tiempo de manejo puede ser especialmente alto durante los primeros años.
5. Los cultivos pueden madurar más rápido que con riego por surcos o riego por aspersión, lo cual permite a los productores obtener un precio mejor por haber logrado una cosecha más temprana.

Consumo Total de Energía

El uso total de energía asociado con el sistema de riego debe tener en cuenta la energía utilizada en:

1. Fabricación, instalación y mantenimiento del sistema. Esto debe incluir:
 - a. Fabricación de plásticos y transporte.
 - b. Construcción de zanjias.
 - c. Nivelación de tierras.

En algunos casos, el goteo en cultivos anuales tiene requerimientos iniciales de energía mayores que otros métodos.

2. Requerimientos de altura manométrica total dinámica (presión) para el bombeo. El goteo en cultivos anuales puede tener un requerimiento mayor o menor, dependiendo de el sistema original.
3. Eficiencia total. El goteo en cultivos anuales, cuando se instala y maneja apropiadamente, parece tener en forma consistente igual o mejor eficiencia, en comparación con otros sistemas que usen otros métodos y que sean también instalados y mantenidos en forma apropiada. Desde luego, cuando se compara con sistemas que usen otros métodos de riego y que sean instalados y mantenidos pobremente, un buen sistema de goteo en cultivos anuales casi siempre será mejor.
4. Uso de la energía del tractor. Datos informales recolectados de los productores indican que hay ahorros significativos de energía (hasta alrededor del 50%) cuando se usan prácticas de labranza reducida. Aunque el goteo en cultivos

anuales no representa en modo alguno una operación de “labranza mínima”, en realidad el número de pases del tractor puede reducirse en forma substancial.

Algunos aspectos de estas prácticas de labranza son:

- a. Muchos agricultores ejecutan varias operaciones con un solo pase de tractor.
- b. Se emplea equipo especial para desgranar residuos de cosecha, para arrancar las plantas del suelo y para mezclar y volver a construir las camas.
- c. No hay destrozos profundos, aunque puede haber vástagos detrás de las llantas del equipo de labranza. Algunos suelos regados por goteo no parecen compactarse tanto, como ocurre en predios regados por surcos o por aspersión.
- d. Estas prácticas también han sido adoptadas en predios que no son regados por goteo, lo cual permite menos pases de tractor y más cultivos por año.
- e. La aplicación de fertilizantes y pesticidas puede hacerse a través del sistema de riego, en lugar de hacerlo con unidades arrastradas por tractor

5. Ahorro en fertilizantes. El goteo en cultivos anuales parece tener una clara ventaja sobre otros métodos de riego en este aspecto. Los requerimientos de energía para producir fertilizantes con base nitrogenada, pueden representar casi la mitad de los requerimientos totales anuales de energía para una operación agrícola de producción de hortalizas. Por consiguiente las reducciones hasta del 50% en el fertilizante aplicado, igualan las reducciones en consumo de energía para producirlo. La aplicación de menor cantidad de fertilizante contribuye también a prevenir la degradación de la calidad de las aguas subterráneas.

Tabla 42. Comparación del consumo de energía por sistemas de goteo en cultivos anuales, con el consumo de energía utilizando otros métodos de riego.

Ítem en el cual se usa energía	Ventaja del riego por goteo en cultivos anuales (+) o desventaja (-)
Fabricación	Generalmente - Algunas veces +
Bombeo	Con frecuencia neutral
Eficiencia de riego	Neutral o + o ++
Tractores	+
Fertilizantes	+ o ++
Producción/(Unidad de Energía) (con buenos diseño y manejo)	++ o mayor

6. Producción por unidad de energía. Finalmente, la verdadera conservación de energía no estará basada en la energía usada por hectárea; estará basada más bien en la cantidad de energía requerida por unidad de producción. Los niveles más altos de cantidad y calidad de la producción de cultivos desarrollados bajo riego por goteo, le otorgan a éste una clara ventaja.

Consideraciones Restantes

Aunque son muchos los beneficios asociados con sistemas de goteo en cultivos anuales, hay aún algunas preguntas que permanecen sin respuesta. La mayoría de ellas atañen al RGS. Ellas incluyen:

1. ¿Cómo controlar enfermedades y plagas controladas tradicionalmente con labranza profunda?
2. ¿Cómo controlar mejor las operaciones de cosecha si se presentan lluvias no estacionales (en especial con suelos pesados)? Aún bajo condiciones de buen clima, se requiere que los operadores de equipos estén bien entrenados para que no dañen las camas con retornos de los tractores o de los equipos de cosecha, antes de tiempo. En algunos casos esta operación puede requerir caminos más anchos dentro del predio. También puede requerirse el desarrollo de equipo de cosecha con propulsión en las cuatro ruedas, en lugar de unidades propulsadas en tan solo dos ruedas.
3. ¿Cómo recomendar rotación de cultivos si estos tienen diferentes separaciones entre hileras (por ejemplo 1 m y 1,5 m)?
4. ¿Cuál es la profundidad apropiada de instalación de la cinta para cada cultivo, suelo y variedad? La respuesta a esta pregunta depende en parte de las prácticas de los productores individuales. Sin embargo, en cultivos sensibles a la humedad superficial (tales como el tomate), se puede requerir la instalación de las cintas a mayor profundidad. Por otra parte, los lotes con problemas de salinidad pueden requerir instalaciones poco profundas para un mejor control de la salinidad. Además, los cultivos que requieran labranza y acceso frecuente al predio pueden requerir instalación más profunda para evitar problemas de movimiento de mangueras.
5. ¿Pueden los incrementos en producción y las reducciones de gastos de los sistemas de goteo pagar la inversión substancial de capital? Para algunos cultivos esto es cierto; para otros, se requiere evaluación de la información.
6. ¿Es posible la germinación utilizando solamente el riego por goteo en un sistema, o se requiere un sistema secundario de riego por aspersión? La mayoría de los productores en California han optado por la aspersión para riego de pre-siembra, debido al manejo de la salinidad y a una uniformidad de humedecimiento más segura en los 5 cm de la superficie de la cama donde quedan las semillas.
7. ¿Cuál es el mejor material para la tubería múltiple y debe esta instalarse sobre o bajo la superficie del suelo? Los materiales a seleccionar incluyen PVC rígido, manguera plana de vinilo y manguera ovalada de polietileno. Aunque la manguera ovalada y enterrada ha sido muy popular en algunas áreas, hay muchos informes sobre casos de compactación de mangueras y de reducción de la sección transversal de flujo en este tipo de mangueras. Esto se discute en mayor detalle más adelante.
8. ¿Qué tipo de equipo de labranza es mejor para un suelo y patrón de cultivo dados? Algunos productores han citado problemas con algunos equipos de labranza mínima estándar en suelos pesados (arcillosos). Quienes suministran los equipos han respondido con implementos más pesados, en tanto que algunos productores han fabricado sus propias piezas.

9. ¿Cuentan los productores usuarios de un distrito de riego, con entrega de agua suficientemente flexible para el riego por goteo?