

ANEXO A

ASPECTOS IMPORTANTES DEL RIEGO

A.1. Factores que Afectan la Selección de los Métodos de Riego

Los principales factores que afectan la selección del método de riego de acuerdo al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA (2000) son, las características del cultivo, la pendiente y el relieve del terreno, la velocidad de infiltración del agua en el suelo, la calidad del agua, la velocidad del viento, el gasto disponible y el costo del agua para riego. A continuación se describe la relación de cada uno de estos factores con los métodos de riego.

Características del cultivo

Los cultivos en hileras se pueden regar con sistemas de surcos, aspersión y goteo. Los frutales se pueden regar con cajetes, microaspersión y borboteo. Se presentan ventajas relativas en condiciones especiales, como en el caso del arroz con riego por gravedad, con la inundación para el control de malas hierbas, las hortalizas de alto valor económico regadas con sistemas de goteo, por la facilidad de aplicar agroquímicos con alta uniformidad, y el riego de frutales con sistemas de microaspersión.

Pendiente del terreno

La pendiente afecta la selección del método de riego, ya que influye en la velocidad de desplazamiento del agua sobre la superficie del suelo y en los problemas de erosión. Si la pendiente general es ligera (menor de 1.5%), se puede emplear cualquiera de los tres

métodos de riego subsuperficial o presurizado. En terrenos con pendiente pronunciada (mayor de 1.5%), se recomienda usar métodos presurizados, debido al fácil control del agua.

Relieve del terreno

Para poder emplear el método de riego superficial (gravedad) en terrenos cuyo relieve tiene montículos o depresiones es indispensable nivelarlos. Cuando el costo del movimiento de volúmenes de tierra en los sistemas de riego por gravedad es muy cercano al costo de instalación de un sistema presurizado, se debe analizar el costo anual de cada uno, con objeto de escoger el más económico.

En suelos profundos se pueden realizar cortes fuertes de tierra para efectuar la nivelación; sin embargo, en suelos delgados, al realizar cortes ligeros se puede quitar la capa fértil, lo que afecta la productividad de los cultivos. Si esto puede ocurrir, es mejor emplear los sistemas de riego presurizados.

Velocidad de infiltración básica del agua en el suelo

Para seleccionar el método de riego que permita un manejo eficiente del agua se debe conocer la velocidad con que el agua se infiltra en el suelo. Esta velocidad depende de la textura del suelo. En suelos arenosos, la velocidad de infiltración es muy rápida, mientras que en los arcillosos es más lenta. En la mayoría de los suelos, la velocidad de infiltración es más rápida en los primeros 20 a 30 minutos del riego, debido a que le agua ocupa los espacios grandes y conforme se saturan, se reduce el efecto de absorción capilar.

Cuando la velocidad de infiltración básica del agua en el suelo es de media a baja (menor de 3 cm/h) con los métodos superficiales, como surcos, se pueden lograr altas eficiencias, con facilidad y bajo costo. En suelos con velocidad de infiltración básica media (de 1 a 3 cm/h) se puede emplear cualquiera de los tres métodos de riego.

Efecto de la capacidad de retención de humedad

La capacidad de retención de humedad es la cantidad de agua que retiene el suelo después de que se ha regado y drenado el agua libre por acción de la gravedad. La retención de humedad está asociada con la textura del suelo. Mientras más arcilloso es el suelo, más agua retiene debido a su mayor porosidad; por el contrario, entre más arenoso es, menor es su capacidad de retención de humedad. Para suelos con alta capacidad de retención de humedad se adapta bien el riego por gravedad. Cuando hay baja capacidad de retención de humedad en el suelo deben usarse sistemas de riego presurizado.

Calidad del agua

La concentración y el tipo de sales solubles en el agua de riego son factores importantes que se deben considerar en la selección del sistema de riego. En general, se pueden presentar dos condiciones de riego relacionadas con la salinidad de los suelos. La primera, cuando se requiere lavar suelos ya ensalitrados. En este caso, los sistemas de riego superficiales por inundación total, como surcos o melgas tienen ventajas sobre los otros métodos de aplicación del agua. La segunda, cuando se necesita mantener un balance de sales en la zona de raíces. En este caso se aplica una lámina de sobrerriego, para desplazar las sales hacia abajo y evitar su acumulación en la zona de raíces. Esto se consigue con cualquier sistema de riego bien manejado.

Acción del viento

La acción del viento puede afectar la eficiencia de aplicación del agua en riego por aspersión. El patrón de mojado de los aspersores es muy sensible a la acción del viento, ya que éste provoca que se aplique menos agua en el lado donde llega el viento y más agua en el lado contrario.

El costo del agua

Cuando el agua se extrae de un acuífero subterráneo, mediante un equipo de bombeo con motor eléctrico, los costos de producción se incrementan grandemente respecto de los sistemas de riego por gravedad. El costo bombeo depende de la profundidad de extracción del agua, de la cantidad de agua perdida en la conducción; del volumen del agua aplicado a los cultivos, presión del sistema de riego y de la eficiencia del equipo de bombeo.

Por esta razón, mientras mayor es el costo del agua, más se justifica el uso de sistemas de conducción entubados o sistemas de riego presurizados. La aplicación eficiente del agua con estos sistemas permite reducir los volúmenes de agua y, en consecuencia, el ahorro de energía con que se puede pagar la inversión en los sistemas de riego.

A.2. La Productividad Marginal del Agua en el Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma

Debido a que el agua es un recurso cada vez más escaso y en consecuencia más caro, es importante establecer su precio o costo de oportunidad para optimizar su uso. Este apartado tiene como finalidad de mostrar los resultados obtenidos de la PMA o precio sombra en el Alto Río Lerma (ARL) por Florencio, Valdivia y Scott (2002).

Como contexto el distrito y unidad de riego ARL, es el más grande en la Cuenca Lerma-Chapala, y el que más agua utiliza; la eficiencia global de uso del agua es 48%, las tarifas por concepto de agua no incentivan su uso óptimo a nivel parcela, y no tienen relación con las demandas de agua de los diversos cultivos (Kloezen y Garcés, 1998 citado en Florencio, et el 2002). Estos factores han contribuido a que la cuenca Lerma-Chapala esté en una de sus peores crisis. El nivel del acuífero disminuye 2.1 m anualmente (Scott *et al.*, 2000), y el Lago de Chapala está en su nivel histórico más bajo (28% de su capacidad). Por tanto, es necesario mejorar el uso del agua e incrementar su productividad media

La productividad es la relación entre la unidad de resultado y la unidad de insumo. Y representa el incremento en el valor total debido a una unidad adicional de agua, y de acuerdo con la Ley de los Rendimientos Decrecientes, decrece conforme se incrementa la cantidad usada. La eficiencia económica se alcanza cuando el ingreso marginal es igual al costo marginal.

El método que utilizó para calcular el precio sombra fue con técnicas de programación lineal. Ya que el modelo el modelo de programación lineal y el precio sombra del agua son altamente sensibles a la variación de la disponibilidad de agua, los coeficientes de la

función objetivo (precios netos) y la eficiencia en la conducción del agua. Los cultivos analizados fueron maíz, sorgo, frijol, trigo, cebada, alfalfa, brócoli y fresa. Los datos utilizados en la presente investigación corresponden al período 1998-1999.

El precio sombra representa el valor en que se incrementaría el ingreso neto si se dispusiera de una unidad adicional de agua. El precio sombra en enero oscila entre \$0.54 y \$1.23 por metro cúbico de agua. Por lo que si se compara los precios obtenidos de Otoño-Invierno se tiene que éstos son los precios sombra más bajos. Esto se debe a la baja rentabilidad de los cultivos típicos de este ciclo (cebada y trigo). Por otro lado, el precio sombra en el mes de abril oscila entre \$1.66 y \$2.28; en mayo, entre \$1.33 y \$1.96; y en junio, entre \$1.03 y \$1.72. Los mayores valores se presentan en abril, debido a que los cultivos que se siembran durante este mes (maíz y sorgo) son los que tienen mayores rendimientos y, por lo general, el ingreso neto por hectárea de estos cultivos es mayor que cuando la siembra se realiza en los meses subsecuentes.

Aunque la disponibilidad de agua cambia, los precios sombra en algunos modelos no lo hacen. Esto se explica porque el precio sombra está en función de la última actividad entrante al modelo. Así, aunque se modifique la disponibilidad de agua, si la última actividad entrante al modelo es la misma, el precio sombra también será el mismo.

De acuerdo con la tendencia decreciente (en términos reales) que tiene el precio de los cultivos analizados durante los últimos 20 años, se espera que para 2010 estos precios decrezcan aún más, situación que se reflejará en un decremento del valor del precio sombra del agua y, por consiguiente, en una disminución del valor económico del agua en la

agricultura. Es importante señalar que estos resultados no pueden ser considerados como concluyentes, sino sólo como indicativos.

La tarifa promedio pagada por los agricultores en el DRARL por metro cúbico de agua es de \$0.04 en gravedad y \$0.12 en pozo. Por lo tanto, la tarifa pagada por una unidad de agua superficial y subterránea, es 13.5 y 5.2 veces menores que los precios sombra más bajos obtenidos (\$0.54 y 0.74). Esto confirma que las tarifas pagadas en el DRARL no corresponden al costo de oportunidad. Para los cultivos del brócoli y la fresa, donde la productividad es mayor, los productores pagan cuotas de \$0.22 y \$0.42, por metro cúbico, en brócoli y fresa, respectivamente, valores que son 3.4 y 1.8 veces menores que el precio sombra más bajo de agua subterránea. En contraste los productores de granos son lo que menos pagan, las tarifas oscilan entre \$0.028 y \$0.034 por metro cúbico de agua de gravedad, y entre \$0.051 y \$0.057 por metro cúbico de agua de pozo. De acuerdo con este análisis, se puede afirmar que la tarifa pagada por las hortalizas es la que más se acerca al costo de oportunidad del agua.

Kloezen y Garcés (1998) afirman que en 1996 en los módulos de riego Cortazar y Salvatierra (que forman parte del DRARL), el costo del agua de gravedad y pozo representó 4.5 y 8.5 % del costo de producción, y 2.4 y 3.4% del valor neto de la producción (ganancia), respectivamente. Esta situación evidencia la poca importancia económica que tiene el agua para los productores de la región. Los precios sombra deberían usarse como parámetros para determinar tarifas que estimulen el uso racional del agua, de tal manera que los productores se sientan estimulados a implementar prácticas de riego más eficientes que les permitan producir más (o por lo menos lo mismo) con menos agua. Es

decir, se propone utilizar el precio como el mecanismo racionador del recurso. Con estas políticas, aquellas actividades que tengan una baja rentabilidad y alto consumo de agua (trigo y cebada) tienen dos opciones: salir del mercado o hacer más eficiente su sistema de producción.

A.3. El Riego en Estados Unidos

La agricultura de riego en Estados Unidos es muy importante ya que cerca de la mitad del valor de todas las cosechas vendidas vienen del 16% de la superficie irrigada. Además de que ocupa el 80% del consumo de agua de todo el país.

Los lugares donde sobresale la agricultura de riego de acuerdo al Departamento de Agricultura (2005) son, Central Valley of California, Snake River Valley en Idaho, High Plains de Texas a Nebraska, el Delta Mississippi en Arkansas con parte de Missouri, y la parte central del sur de Florida.

El lugar más importante para la agricultura de riego en los Estados Unidos se encuentra al Oeste del país. Las granjas en los 17 estados del Oeste usan una amplia variedad de sistemas de riego, cerca de la mitad son de gravedad y la otra mitad de sistemas presurizados más eficientes. Sin embargo, en esta región se utiliza las dos terceras partes del uso de agua dulce que proviene principalmente de la superficie, y que representa el 90% del consumo del agua en la región.

La mayoría de las granjas de riego del país son pequeñas (debajo de \$250,000 dólares en ventas anuales). Las grandes granjas (arriba de los \$250,000 en ventas anuales) son las que usan la mayoría del agua de riego, y el 10% de las granjas más grandes, cuentan con la mitad del total de agua aplicada.

El sistema de riego por gravedad ocupa el 54% y el presurizado aproximadamente el 46%. Las concentraciones del sistema de riego presurizado se encuentran en el Pacífico Norte, Planos del Norte, y en los Estados Montañosos del Norte. Sin embargo este sistema de riego también se utiliza al Este del país para suplementar la irrigación y para cultivos especiales. Por lo que se considera que las altas eficiencias de riego se encuentran concentradas en el Suroeste del país.