



Tratamiento electrostático (ESP) del AGUA PARA RIEGO

ABDÓN PALACIOS MONÁRREZ, MARÍA DE LOURDES RODRÍGUEZ AGUILAR y GERARDO BARAJAS ONTIVEROS
Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales/Universidad Autónoma de Chihuahua

La agricultura de riego en México se desarrolla dentro de una gran diversidad de condiciones de clima, suelos, desarrollo tecnológico y factores socioculturales. En 6.2 millones de hectáreas bajo riego, que representan 25% de la superficie cultivada en el país, se obtiene 50% de la producción agrícola nacional.

Tradicionalmente, el riego desarrollado en México ha sido el superficial en su modalidad de surcos y melgas para la irrigación de granos básicos, hortalizas y frutales.

Se estima que el riego superficial se practica en 5.8 millones de hectáreas.

En lo que respecta al uso de sistemas de riego presurizado, se reportan en el país 372 mil hectáreas (6% de la superficie total bajo riego), destinadas principalmente a la producción de hortalizas y frutales.

En términos generales, la eficiencia global de riego a nivel parcelario en el país es del orden de 45%, lo que significa un nivel bajo de aprovechamiento del recurso agua. Tomando en cuenta que 94% del riego se aplica en forma superficial, existe un alto potencial para incrementar la productividad mediante el mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua en los diversos sistemas de riego superficial, con la introducción de sistemas de riego presurizado (INIFAP-SAGAR, 1996).

Aunado a lo anterior, la calidad del agua para riego está determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que contenga. Por lo tanto, la calidad del agua es una consideración muy importante para la investigación de las condiciones de salinidad o contenido de sodio intercambiable en cualquier zona de riego.

A través de los años se han realizado análisis de miles de muestras de agua que indican una baja calidad en las aguas superficiales y subterráneas, esto lógicamente se considera un factor limitante de las áreas irrigables en los distritos de riego. Por otro lado, en varias partes del mundo donde el agua subterránea puede obtenerse con relativa facilidad, se ha encontrado que su calidad no es satisfactoria. De igual manera, donde se usan aguas superficiales, el aumento de la agricultura bajo riego y los cambios en las prácticas de manejo están causando problemas muy serios debido a la calidad de las aguas.

La calidad del agua generalmente está asociada con la zona geográfica donde se encuentra el sistema de riego. En las zonas áridas se encuentran aguas con pH altos y concentraciones altas de carbonatos, calcio y magnesio. En las zonas húmedas, generalmente los pH del agua son bajos y contienen fierro y sulfuros. Por otra parte, la calidad del agua depende también de las fuentes de abastecimiento. Las aguas provenientes de ríos, canales y lagos pueden tener sólidos inorgánicos y orgánicos en suspensión, con presencia de algas y bacterias, y pueden ser de bajos contenidos de sales solubles. Las aguas provenientes de pozos profundos pueden tener contenidos de sales solubles mayores que los de aguas superficiales (Peña, 1995).

El contenido químico del agua puede hacer indeseable el uso de esta para el riego, pero en algunos casos es posible tomar ciertas providencias para utilizarla.

Las sales como cloruro de sodio, sulfato de magnesio, sulfato de calcio, cloruro de potasio y bicarbonato de sodio pueden existir en el agua en cantidades excesivas. En algunos sistemas de riego se aplican 25 toneladas de sales por hectárea en cada riego de 15 cm de lámina, y el uso persistente de tales aguas acumula las sales en el suelo a niveles que lo hacen improductivo (Hernández, 1997).

En la actualidad existen un sinnúmero de alternativas para contrarrestar la mala calidad del agua de riego. Por ejemplo, en sistemas presurizados se usa la acidificación de las aguas alcalinas, filtración por medio de filtros de grava fina o mallas y tanques de decantación (Peña, 1995). Otros equipos utilizados en diversos sistemas de riego son las unidades eléctricas, por citar algunos.

En 1997 se realizó una investigación en la cual se usó una unidad eléctrica llamada precipitador electrostático (ESP) para tratamiento de agua, misma que

fue utilizada para tratar el agua de un pozo con el fin de mejorar su calidad para usarla como agua de riego. El objetivo fue evaluar el efecto del agua tratada con dicho precipitador en el desarrollo y producción del cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo L.*).

Antecedentes.

Importancia del agua y sus problemas

El uso eficiente del agua constituye una serie de acciones que involucran tanto aspectos técnicos como sociales y políticos, y comprende tanto al área doméstica como a la industria y a la agricultura. Abarca a países desarrollados y en vías de desarrollo, ubicados tanto en zonas áridas como tropicales.

Se puede decir que el aprovechamiento del agua va a la par con el desarrollo integral de un país, ya que su uso está relacionado con múltiples actividades. Inicialmente, los aprovechamientos hidráulicos se definen en función de las facilidades técnicas y coinciden con el aprovechamiento de los escurrimientos superficiales, locales o regionales. Posteriormente, el crecimiento y la demanda poblacional obligan a la integración de cuencas, y se constituyen comisiones y distritos de riego con atribuciones casi políticas por el tamaño del área, de la población y de la producción que se maneja.

El crecimiento casi siempre trae como consecuencia una baja eficiencia en la conducción; esto se debe a los altos costos que representa revestir conductos, a la falta de una política realista de conservación y a la demanda de alimentos cuya producción en cantidad y calidad es más factible con la agricultura de riego. Cuando el agua proveniente de los escurrimientos pluviales no es suficiente o cuando no es posible proporcionar el vital líquido por la ubicación del terreno, se recurre al uso del agua subterránea perforando pozos y extrayendo el líquido con bombas diseñadas para este propósito; en México esta acción ha traído como consecuencia una disminución en la calidad y cantidad de agua, así como un incremento constante en el costo de la misma, debido al abatimiento de los niveles freáticos y del caudal.

Otro problema que se irá agravando progresivamente es que el abastecimiento a las grandes ciudades se está realizando con agua que originalmente se dedicaba a la agricultura; en parte esto se debe al acelerado crecimiento poblacional e industrial y a la falta de una política que comprenda el uso industrial de aguas residuales y un uso eficiente del agua agrícola (Vega, 1996).

INIFAP-SAGAR (1996) coincide con lo antes mencionado por Vega (1996), ya que indica que uno de los problemas que afectan a las zonas de riego del país, principalmente a la zona norte, es el bajo volumen disponible para uso agrícola. Señala que este problema aunado a un uso ineficiente del recurso hídrico en el ámbito del cam-

po y el desaprovechamiento del potencial productivo de suelos irrigados, ha limitado el incremento de la productividad agrícola.

Calidad del agua de riego

Propiedades del suelo y calidad del agua

La California Fertilizer Association (1995) menciona que después de un largo periodo la calidad del agua de riego y la práctica de este último llegan al equilibrio con el suelo.

En gran medida, los cationes determinan las propiedades tanto físicas como químicas de los suelos. Los cationes que revisten mayor importancia son el calcio, el magnesio, el sodio y el potasio.

El calcio (Ca^{++}) existe esencialmente en todas las aguas naturales. Un suelo que posee un suministro adecuado de calcio intercambiable es friable y en él se cultiva fácilmente; a menudo permite que el agua penetre con rapidez. Por estas razones se aplica calcio en la forma de yeso a los suelos "compactos" para mejorar sus propiedades físicas. El calcio sustituye al sodio en los coloides del suelo y permite que el sodio sea lixiviado por debajo de la zona radical. En términos generales, el agua de riego que contiene predominantemente iones calcio es más apropiada.

A menudo el magnesio (Mg^{++}) existe también en cantidades medibles en la mayoría de las aguas naturales. El magnesio se comporta de manera muy similar a como lo hace el calcio en el suelo.

Las sales de sodio (Na^+) son muy solubles y debido a ello existen, por lo general, en todas las aguas naturales.

Los suelos que poseen una gran cantidad de sodio asociado a la fracción de arcilla tienen propiedades físicas indeseables para el crecimiento de las plantas. Cuando están húmedos se separan, se vuelven pegajosos y son casi impermeables al agua. Cuando se secan forman terrones duros, y esto los hace difíciles de labrar.

El potasio (K^+) existe a menudo solo en pequeñas cantidades en las aguas naturales. Se comporta de manera muy similar a como lo hace el sodio en el suelo. Con frecuencia no se da por separado en los análisis del agua, sino que se incluye con el sodio.

Por otro lado, los aniones afectan de manera indirecta las propiedades físicas de los suelos porque alteran la proporción de iones calcio y sodio que se adhieren a las arcillas. Los aniones importantes son bicarbonatos, carbonatos, cloruros y sulfatos.

Los bicarbonatos (HCO_3^-) abundan en las aguas naturales. Por lo común no existen en la naturaleza, excepto en solución. Los bicarbonatos de sodio y potasio pueden existir en la forma de sales sólidas. Un ejemplo es el bicarbonato de sodio. Los bicarbonatos de calcio y

magnesio solo existen en solución. Conforme disminuye el contenido de humedad del suelo el bicarbonato de calcio se descompone, se libera dióxido de carbono en la atmósfera y se forma agua, quedando carbonato de calcio insoluble. Una reacción similar se produce en el caso del bicarbonato de magnesio.

Los iones bicarbonato de la solución del suelo precipitan el calcio a medida que el suelo se seca. Este proceso remueve el calcio de la arcilla y deja el sodio en su lugar. De esta manera, un suelo en el que predomina calcio tiene la capacidad de convertirse en un suelo sódico mediante el uso del agua de riego con un alto contenido de bicarbonato.

El carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) está presente en algunas aguas. Dado que los carbonatos de calcio y magnesio son relativamente insolubles, es probable que los cationes que se asocian a las masas de agua que tienen un alto contenido de carbonatos sean los de sodio y quizá una pequeña cantidad de potasio. Cuando el suelo se seca, el ion carbonato reacciona con los iones calcio y magnesio de la arcilla en forma similar a como lo hace el bicarbonato y se forma un suelo alcalino (sódico).

El cloro existe en forma de cloruros (Cl^-) en todas las aguas naturales. Cuando alcanza altas concentraciones es tóxico para algunas plantas. Todos los cloruros comunes son solubles y aumentan el contenido total de sales (salinidad) de los suelos. Se debe determinar el contenido de cloruros para evaluar adecuadamente las aguas de riego.

El sulfato ($\text{SO}_4^{=}$) abunda en la naturaleza. Los sulfatos de sodio, magnesio y potasio son fácilmente solubilizados. El sulfato de calcio (yeso) tiene una solubilidad limitada. El sulfato no ejerce una acción específica en los suelos, excepto que contribuye al contenido total de sales. La presencia de calcio soluble limita su solubilidad.

La calidad del agua y el crecimiento de las plantas

Toda el agua que se utiliza en el riego contiene cierta cantidad de sales disueltas. La aptitud de las aguas para riego depende en general de los tipos y cantidades de sales que contienen. Todas las sales de las aguas de riego tienen un efecto sobre las relaciones agua-suelo-planta y las propiedades de los suelos, e indirectamente en la producción de las plantas (California Fertilizer Association, 1995).

Quien utilice el agua de riego debe conocer los efectos que la calidad del agua y las prácticas de riego tienen sobre: (1) el contenido de sales del suelo; (2) la concentración del sodio del suelo; (3) la rapidez con que el agua penetra en el suelo, y (4) la presencia de elementos que pueden ser tóxicos para las plantas.

Factores a considerar en el uso del agua para riego

Para determinar la conveniencia o limitación del agua que se pretende utilizar con fines de riego, debe tomarse en cuenta la composición química de esta, la tolerancia de los cultivos a las sales, las propiedades químicas y físicas de los suelos, las prácticas de manejo de suelos, aguas y cultivo, las condiciones climatológicas, el método de riego por emplear y las condiciones de drenaje interno y superficial del suelo (Aguilera y Martínez, 1996).

Como se mencionó anteriormente, uno de los principales factores a considerar en la calidad del agua para riego es la presencia de sales. Los suelos contienen sales solubles que provienen de la descomposición de las rocas, y también de las aguas utilizadas para el riego y de las aguas provenientes del subsuelo. Las aguas de riego aportan sales al suelo, que son eliminadas (al menos en parte) en el agua de drenaje. Cuando la cantidad de sales incorporadas al suelo es mayor que la cantidad eliminada se incrementa el nivel de salinidad, pudiendo llegar a límites peligrosos.

Los problemas derivados de las sales contenidas en el agua de riego están relacionados con los efectos siguientes:

- Salinidad. Cuanto mayor es el contenido de sales en el agua del suelo, tanto mayor es el esfuerzo que la planta tiene que hacer para absorber el agua. Por este motivo, la capacidad de la planta para absorber el agua disminuye a medida que aumenta el contenido de sales.
- Infiltración del agua en el suelo. Un contenido alto de sodio y bajo de calcio en el suelo significa que sus partículas tienden a dispersarse, lo que ocasiona disminución de la velocidad de infiltración del agua al disminuir el volumen de macroporos.
- Toxicidad. Algunas sales, cuando se acumulan en cantidad suficiente, resultan tóxicas para los cultivos u ocasionan desequilibrios en la absorción de los nutrientes.
- Otros efectos. En algunas ocasiones las sales acumuladas en el agua pueden producir obstrucciones en los equipos de riego encargados de la distribución del agua (Fuentes, 1996).

La salinidad y la productividad

El término “sal” utilizado por los químicos se aplica a una larga lista de sustancias, de las cuales el cloruro de sodio es la más conocida. La mayoría de los fertilizantes químicos suplen nutrientes esenciales en forma de sales.

Los nutrientes están normalmente disponibles en forma de sales solubles en el suelo. Sin embargo, una dotación muy grande de sales puede ser perjudicial para las plantas. Cuando las sales solubles están presentes en el

suelo de tal forma que dañan a las plantas, se dice que el suelo es “salino”.

Todas las aguas de riego tienen sales, la salinidad del agua afecta a la salinidad del suelo y a los tipos de sal que en él se encuentran. Es preciso, entonces, examinar la química del suelo y del agua antes de iniciar un programa de manejo de la salinidad.

Las sales se acumulan principalmente en las regiones áridas, debido a que la lluvia es insuficiente para lavarlas del suelo y porque el drenaje superficial es a menudo inadecuado. En áreas de agricultura intensiva, el uso desmedido de fertilizantes puede ocasionar problemas de salinidad (Vega, 1996).

Unidades eléctricas de tratamiento para mejorar la calidad del agua

Dentro de las alternativas que se usan para tratar el agua de riego y mejorar su calidad, se cuenta el uso de unidades eléctricas.

Tipos de unidades eléctricas para tratar el agua (W E & R. de México, boletín). Estos tipos de unidades eléctricas funcionan basándose en electricidad o carga potencial (número de electrones disponibles).

- Unidad magnética. Una unidad magnética se coloca alrededor de la línea de agua. Este dispositivo en particular es un simple magneto con un polo en un lado de la tubería de agua y el polo opuesto en el otro lado de la línea de agua. Lo que hace el magneto es crear una fuerza directa menor a través de la línea de agua. El campo magnético hace que las partículas del agua se carguen. Se alinean de acuerdo a su carga y la del magneto, es decir, positivo-negativo, o sea más-menos, más-menos. El efecto no es estable ni durable, y se pierde si el agua tratada pasa por un tanque de agua caliente. Para aplicaciones pequeñas y/o circunstancias muy controladas, la unidad puede ser muy efectiva.
- Unidad eléctrica cargada con motor (E.M.C.). Esta unidad es básicamente la unión de varios metales que, al ponerse separados lo más lejos posible, producen una corriente que se genera a través del espacio entre los diferentes metales. Este tipo de unidad hace básicamente lo mismo que la unidad de magneto, con una excepción en su favor: la unidad deja libre a unos pocos electrones (partículas con carga negativa) que entran al agua y que son tomados por las partículas cargadas que pasan a través de la unidad. En cierta manera, esta unidad es más efectiva que la unidad magnética, pero solamente en una parte limitada. Esta unidad está sujeta a volverse inefectiva por la acumulación de residuo dentro de la unidad, que es exactamente lo que trata de eliminar o prevenir.

- El tercer tipo de unidad a considerar es el tipo que toma ventaja de la carga que puede existir entre dos (o más) metales diferentes puestos separados a una distancia apropiada, agregando la ventaja de usar la línea de tierra para guiar los electrones como resultado de la carga que tienen los metales al pasar por la unidad. En este tipo de unidad, los electrones son trasladados por el agua en movimiento por las grandes diferencias de los metales. La carga potencial (número de electrones disponibles en este caso) está limitada por el potencial que se desarrolla entre los dos metales diferentes. Es por esta razón que después de un periodo de tiempo la unidad se vuelve ineficaz y comienzan a formarse residuos.
- ESP (Precipitador electrostático para tratamiento de agua). Esta es la cuarta unidad a considerar, que es de naturaleza eléctrica. Con esta unidad en particular se usa una frecuencia de radio para producir electrones por medio de un capacitor cargado. La cantidad de electrones que se pueden formar es ilimitada, por lo que logra que no se limite el beneficio del sistema según el potencial de la electricidad. Este tipo de unidad no está limitado a cuántas unidades utilizan dos diferentes metales para la producción de electrones. La calidad del agua puede ser de cualquier tipo al entrar en la unidad, ya que, debido al exceso de cantidad de electrones, la unidad se limpia a sí misma.

El fabricante menciona textualmente que “la unidad ESP es un radiogenerador electrónico de ondas múltiples con alta producción de iones negativos. La carga es inducida en los minerales del agua y retendrán esa carga por meses sobre una distancia ilimitada” (W. E. & R. de México, boletín y tríptico).

Uso del ESP en la agricultura. La misma fuente menciona además que los electrones enriquecidos en el agua del ESP incrementan una filtración de hasta 40% con menos evaporación; disminuye la presión osmótica en la raíz y los deja libres de sales; reduce el costo de fertilizantes; aumenta el crecimiento de las plantas, y disminuye el riego hasta 30%, ya que las plantas se conservan más húmedas y su crecimiento es más rápido.

Según este fabricante, W. E. & R. de México (boletín), el efecto del ESP en el agua hace que las sales sean más solubles y por ello sean lavadas fácilmente de la zona radicular.

Agua tratada con el ESP y sus efectos en las plantas. Esp, las raíces y el suelo. Como resultado del agua tratada con este equipo, la absorción en el suelo se incrementa y es más eficiente. El agua de ESP mantiene a las raíces de las plantas libres de sales, lo que hace que estas absorban mejor el agua, los nutrientes y minerales, ya que con la carga negativa que reciben se

mantiene separados y estabilizados, haciendo más eficiente su resultado.

Metodología

La investigación se realizó bajo condiciones de invernadero y en el laboratorio de Nutrición Mineral, ubicada en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en el año 1997.

Se estudiaron dos factores: tipos de suelo (2) y tipos de agua (3), lo cual dio un total de seis tratamientos.

Los dos tipos de suelo se utilizaron solo con el fin de establecer una comparación en cuanto a los niveles de fertilidad y disponibilidad de nutrientes de cada uno, una vez que fueron regados con los diferentes tipos de agua; en realidad el factor de mayor importancia a evaluar fue el efecto de los tres tipos de agua.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, resultando la parcela grande (S) el factor suelo y la parcela chica (A) el factor agua, con cinco repeticiones. La unidad experimental (UE) consistió en macetas de 28 cm de diámetro y una capacidad de 10 kg cada una, usando un total de 30 macetas, o UE.

Se utilizó el cultivo de la calabacita, variedad Gray Zucchini. La siembra se realizó el 2 de julio de 1997.

Para monitorear la dinámica nutrimental y observar el efecto de los diferentes tipos de agua de riego se realizaron tres tipos de muestreos: foliares, de suelo y de percolados. El primer muestreo de suelos y percolados se realizó 38 días después de la siembra y el segundo el 26 de septiembre (84 días después de la siembra), al finalizar el ciclo del cultivo. El muestreo foliar se realizó el 25 de agosto (44 días después de la siembra), obteniendo un total de seis muestras de todo el experimento.

Por otro lado, los percolados consistieron básicamente en lavados del suelo y colecta del agua utilizada para ello, una vez que se drenara una cantidad suficiente para el análisis de las mismas.

Los parámetros evaluados fueron:

Planta: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), peso fresco (PF), peso seco (PS).

Fruto: peso de fruto, rendimiento total (RT).

Determinaciones químicas en planta:

En pecíolo: se determinaron los siguientes macro y micro elementos: nitrógeno (N en %), fósforo (P en %), potasio (K en %), calcio (Ca en %), magnesio (Mg en %), sodio (Na en %), hierro (Fe en ppm), zinc (Zn en ppm), cobre (Cu en ppm), manganeso (Mn en ppm) y boro (B en ppm).

En foliolo: se determinaron los siguientes macro y micro elementos: nitrógeno (N en %), fósforo (P en %), potasio (K en %), calcio (Ca en %), magnesio (Mg en %), sodio (Na en %), fierro (Fe en ppm), zinc (Zn en ppm), cobre (Cu en ppm), manganeso (Mn en ppm) y boro (B en ppm).

Determinaciones químicas en suelo: se determinaron las siguientes variables: reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica (CE en milimhos/cm), nitrógeno (N en ppm), fósforo (P en ppm), potasio (K en ppm), fierro (Fe en ppm), zinc (Zn en ppm), cobre (Cu en ppm) y manganeso (Mn en ppm).

Determinaciones químicas en percolados: se determinaron las siguientes variables: pH, conductividad eléctrica (CE en milimhos/cm), calcio (Ca en meq/l), magnesio (Mg en meq/l), sodio (Na en meq/l), potasio (K en meq/l), carbonatos (CO_3 en meq/l), bicarbonatos (HCO_3 en meq/l), cloruros (Cl en meq/l), sulfatos (SO_4 en meq/l), sólidos totales disueltos (STD en ppm) y relación de adsorción de sodio (RAS).

Todas las determinaciones químicas se realizaron como se indica en las metodologías recomendadas (Aguilar, 1987; Page, 1982 y Licón, 1994).

Con respecto al análisis estadístico, a cada una de las variables estudiadas se le aplicó el análisis de varianza correspondiente, así como la prueba de separación de medias de Tukey, mediante el paquete estadístico SAS.

Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con el análisis y discusión de los resultados obtenidos en este trabajo y en relación con el objetivo planteado se concluye lo siguiente:

1. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos de agua para los caracteres evaluados en planta; sin embargo, se aprecia una ligera diferencia numérica a favor del agua tratada en el caso de peso fresco, peso seco y rendimiento.
2. En los dos muestreos de suelos, no hubo diferencias en ninguno de los parámetros evaluados al comparar el agua tratada y no tratada.
3. Con respecto al análisis de percolados, únicamente el pH y el RAS correspondientes al primer muestreo (38 días después de la siembra) presentan diferencias estadísticas entre sus medias de tratamientos. Posiblemente esto es debido a la heterogeneidad en la obtención de percolados.
4. Tomando en cuenta la información resultante, se concluye que no hubo diferencias reales entre tratamientos debidas al uso del agua tratada y no tratada, lo cual significa que el ESP, en este caso, no fue efectivo en el tratamiento del agua, ya que únicamente removió Na y Cl en una pequeña cantidad.

5. Se recomienda determinar en estudios posteriores el contenido de humedad a capacidad de campo y punto de marchitez permanente por los comentarios de que se favorece la entrada de agua (tratada con el ESP) y se conserva más disponible la humedad y con ello los nutrientes asimilables.
6. Se recomienda realizar análisis físicos en suelo para observar el efecto del agua tratada (velocidad de infiltración, densidad aparente, etcétera).
7. Para minimizar diferencias de manejo al obtener los percolados, es necesario que en futuros estudios se diseñe la metodología adecuada para ello (v.g., realizar esta prueba después de un riego para que las paredes de la maceta no estén separadas del suelo, o bien, obtener cilindros de muestra no alterados y colocarlos en anillos de infiltración, rellenando con parafina el espacio entre la pared del infiltrómetro y el cilindro de suelo; de esta forma toda el agua percolará a través de la matriz del suelo).
8. Se recomienda trabajar con este equipo en otro tipo de cultivos cuyo ciclo vegetativo sea más largo para monitorear el posible efecto del agua tratada mediante análisis de suelo, percolados y sobre todo de tejido para observar la dinámica nutrimental.

Referencias

- AGUILAR, S. A.; ETCHEVERREROS B., J. D. y CASTELLANOS R., J. Z.: *Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1987, 217 p.
- AGUILERA, M. C. y MARTÍNEZ, E. R.: *Relaciones agua suelo planta atmósfera*, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1996, 256 p.
- CALIFORNIA FERTILIZER ASSOCIATION AND SOIL IMPROVEMENT COMMITTEE: *Manual de fertilizantes para horticultura*, UTEHA-Noriega Editores, México, 1995, 297 p.
- FUENTES Y., J. L.: *Curso de riego para regantes*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi-prensa, Madrid, España, 1996, 159 p.
- HERNÁNDEZ, C. J.: Apuntes del curso de maestría "Métodos de riego", División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua, 1997.
- Ferti-irrigación*, publicación especial n. 10, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, SAGAR, México, 1996.
- LICÓN T., L. P.: *Manual de análisis químicos para suelo, agua y planta para suelos calcáreos*, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua, México, 1994, 67 p.
- PAGE, A. L.; MILLER, R. H. y KEENEY, D. R.: *Methods of Soil Analysis*, n. 9, parte 2, "Chemical and Microbiological Properties", 2a. ed., Madison, Wisconsin, USA, 1982, 1159 p.
- PEÑA, P. E.: "Inyección de fertilizantes en los sistemas de riego", *Horticultura Mexicana*, Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C., vol. 3, n. 2, 1995.
- VEGA G., J. D.: *Uso y manejo del agua*, ITESM, División de Agricultura y Alimentos, Departamento de Ingeniería Agrícola, 1996.
- W. E. & R. DE MÉXICO, S. A. DE C. V.: "Water equipment and resources. Precipitador electrostático para tratamiento de agua", Chihuahua, boletín, sin fecha.
- — —: "Water equipment and resources. Precipitador electrostático para tratamiento de agua", Chihuahua, tríptico, sin fecha. 