

Salinidad del suelo y el agua

La salinidad se refiere a la presencia de sales en el agua y suelo. Las sales incluyen más que un simple sodio y cloruro, los dos elementos de la sal de mesa; magnesio, calcio, bicarbonato, nitrato y sulfato también pueden contribuir a la salinidad. La conveniencia del agua potable, para riego y consumo de la fauna silvestre depende del tipo de concentración de las sales disueltas en el agua. La salinidad del agua es usualmente expresada en términos de un parámetro fácilmente medible llamado conductividad eléctrica (EC, por sus siglas en inglés) que refleja la concentración total de sales disueltas en el agua o suelo-agua (TDS, por sus siglas en inglés). Típicamente, el EC se expresa en deciSiemens por metro (dS/m), en donde 1 dS/m representa una concentración TDS de alrededor de 640 mg/L de sal (ver Hanson 2006). Este factor de conversión depende de la concentración y composición de las sales en la solución. Los límites de sal para un agua potable segura son por lo general de <1 dS/m. Esta publicación usa esta cantidad límite para etiquetar aguas salinas como aquellas con una salinidad de >1 dS/m. Los suelos salinos son por lo general caracterizados por tener una salinidad de suelo-agua de >4 dS/m, pero esta definición particular con frecuencia depende del cultivo, pues muchos cultivos no toleran una salinidad tan alta.

CONSEJOS SOBRE LA SEQUÍA

Agua salina drenada para la producción de cultivos

Algunas regiones de California que son irrigadas acumulan agua salina drenada como resultado de la filtración que es necesaria para mantener la producción del cultivo, pero hay muy pocas opciones para la eliminación de este tipo de agua salina. La reutilización del agua salina drenada para riego con el fin de eliminar y aumentar las reservas hidráulicas ha sido un tema de gran interés durante décadas, especialmente cuando otros suministros de agua escasean durante las sequías. El uso de agua salina drenada (agua con salinidad >1 dS/m; vea el recuadro) para riego fue descrito en muchas localidades semiáridas alrededor del mundo en un documento de orientación publicado por las Naciones Unidas (Rhoades et al. 1992). Similarmente, el Departamento de Recursos Hidráulicos de California (DWR, por sus siglas en inglés) consideró la reutilización de agua de drenado para riego como parte del Programa de Drenaje del Valle de San Joaquín (Alemi 1999). Bajo condiciones de sequía, el agua de drenaje puede usarse para suplementar el riego regular para satisfacer la demanda de agua o para mantener en buen estado los cultivos de árboles y parras si la salinidad de la zona de raíces es cuidadosamente controlada o manejada. Esta publicación toma en cuenta algunos de los estudios más recientes relacionados con el uso de agua salina para riego de cultivos agrícolas y describe el manejo de esta agua para mantener la producción de cultivos y una salinidad aceptable en la zona de raíces.

MARK E. GRISMER, profesor de tierra, aire y recursos hidráulicos de la Universidad de California en Davis; y **KHALED M. BALI**, director condal asesor de riego/manejo del agua, Extensión Cooperativa de la Universidad de California, condado Imperial

Resumen de la investigación

La calidad del agua drenada subsuperficial depende de la calidad del agua que se aplica y la extensión de la zona de raíces en la que se filtran las sales, fertilizantes, herbicidas y pesticidas usados durante la temporada de riego. El agua drenada subsuperficial que es recolectada puede ser salina y puede tener una concentración elevada de boro (B). La preocupación pública por la posible contaminación de los cultivos de alimentos, así como la preocupación de los agricultores por el posible deterioro físico y químico (salinización) a largo plazo de la zona de raíces resultado del uso regular de agua salina drenada para riego, ha limitado su uso en cultivos de forrajes y fibras moderadamente tolerantes a la sal, no obstante que el agua salina ha sido usada para regar otros cultivos. Establecer un equilibrio anual de sal en la zona de raíces del cultivo es crítico para mantener la estabilidad anual de la filtración (lixiviación) que minimiza la acumulación de la salinidad del suelo en la zona de raíces (Grismer 1990), algo necesario para el uso sustentable a largo plazo del agua drenada en cualquier región (Ayars et al. 2006b).

El uso de agua salina drenada como fuente suplementaria de agua para riego ha sido estudiada extensamente (Ayars et al. 1993; Rhoades et al. 1980, 1989; Rhoades 1989; Rhoades 1984a). Rhoades et al. (1989) encontró que el uso de agua salina con un contenido bajo o moderado de sal junto con agua de buena calidad es un método efectivo de utilización del agua salina para el riego suplementario sin producir efectos negativos en la calidad de la producción y el suelo. Por ejemplo, Ayars et al. (1993) usó agua salina (~7 dS/m) para regar cultivos de algodón y descubrió que los rendimientos se mantuvieron intactos y la salinidad del suelo se podría controlar con el riego de agua de buena calidad antes de plantar. El alto nivel de boro en el agua de drenado y la acumulación de boro en la zona de raíces del cultivo que encontró Ayars et al. fueron identificados como problemas potenciales por el uso a largo plazo de agua con altos niveles de boro. De manera similar, Ayars et al. (2006a) usó agua salina de drenado (3 a 6 dS/m) para regar heno de alfalfa entre los cortes y encontró una calidad

de alfalfa mejorada pero con reducción en los rendimientos. El uso de agua subterránea del mismo sitio podría ser preferible al agua drenada ya que es más eficiente para la energía de las plantas para que puedan extraer agua directamente de la fuente en lugar de tener que usar bombas para regar (Bali et al. 2001).

Características del agua drenada de la subsuperficie

La calidad del agua drenada subsuperficial depende de la calidad del agua de riego aplicada y de la salinidad de la zona de raíces y la extensión de la filtración del suelo antes de ser capturada por el sistema de drenaje. Por ejemplo, en el Valle Imperial en el sur de California, la salinidad promedio del agua subterránea de poca profundidad capturada por el sistema de drenaje del Valle es de alrededor de 6 a 7 dS/m, mientras que la salinidad del agua que es aplicada es de alrededor de 1.2 dS/m. Asimismo, en el Valle de San Joaquín, la salinidad del agua aplicada es de alrededor de 0.5 dS/m y la salinidad del agua drenada capturada es de 3 a 6 dS/m.

Una ventaja importante del agua drenada capturada durante la sequía es que podría estar disponible a tasas mensuales o anuales predecibles asociadas con la programación de los horarios de riego local. Para los agricultores, podría ser posible obtener agua drenada sin costo o a un costo bajo, más allá del requerido por bombeo y transportación, porque hay opciones muy limitadas, si es que las hay, para la eliminación de agua salina drenada. Los agricultores interesados deben preguntar a su agencia del agua local sobre la posibilidad de obtener agua drenada y obtener información sobre la calidad promedio del agua mensualmente, particularmente sobre la salinidad del agua drenada (EC), boro y las principales concentraciones de anión/catión. Esta última información es crítica para el manejo de la salinidad en el riego y la zona de raíces cuando se usa el agua drenada.

Consideraciones que deben tomarse en cuenta cuando se riega con agua drenada de la subsuperficie

El agua salina puede usarse para riego en áreas sin y con sistemas de drenaje subsuperficial. Sin embargo, el uso de agua salina para

el riego es algo que debe considerarse con cuidado en áreas no drenadas y afectadas por agua subterránea de poca profundidad debido a que la acumulación de sal en la zona de raíces es más difícil de controlar. Además, para mejorar la filtración en la zona de raíces, los sistemas de drenaje subsuperficial permiten el control de las capas freáticas poco profundas, otra posible fuente de agua para satisfacer la demanda de riego de cultivos (ver Grismer and Bali 2015).

La aplicación de agua drenada mediante un sistema de riego permite un mayor control del tiempo, profundidad de riego y la mezcla con agua de buena calidad para que así el agua drenada pueda ser usada más tiempo durante la temporada de crecimiento. Este control adicional también permite un manejo cuidadoso de la salinidad en la zona de raíces durante la sequía, especialmente cuando se compara con la manipulación de la capa freática de poca profundidad.

Varias estrategias para el manejo del riego que usan agua salina drenada se basan en tres características generales que dependen de los cultivos plantados y la disponibilidad y salinidad del agua drenada y del agua de riego regular (Grattan et al. 2012). Estas estrategias generales incluyen

- la mezcla del agua salina con agua de riego regular para reducir la salinidad que se aplica
- el riego con agua salina durante las fases de crecimiento de la planta de menor sensibilidad a la sal entre la germinación y desarrollo inicial y probablemente también antes de la cosecha
- el riego alternado de agua dulce y salina, estableciendo cultivos sucesivos más tolerantes a la sal con agua de riego de buena calidad y la aplicación posterior de agua salina hasta la cosecha, seguida por el riego de un nuevo cultivo con agua de buena calidad en la temporada subsecuente

Cualquier método de programación de riego puede usarse para determinar la profundidad y horario de las aplicaciones de agua salina. Una apropiada fracción de lixiviación o filtración (aproximadamente de 10 a 30% de agua adicional) puede

añadirse al agua de aplicación estacional en base a la calidad promedio del agua (agua de lluvia mezclada o alternada con agua regular), del sistema de riego usado y la tolerancia del cultivo a la sal. La duración y la cantidad de agua salina substituida varían con la salinidad del agua regular y el agua salina drenada, el patrón de los cultivos, clima, propiedades del suelo, manejo y sistema de riego.

Los agricultores podrían también tomar en consideración la tasa de absorción de sodio (SAR, por sus siglas en inglés) del agua que se aplica y del suelo-agua con respecto a un posible problema de infiltración durante el riego. El SAR indica la cantidad de sodio en el agua en relación al calcio más magnesio. Si el SAR del suelo-agua o agua aplicada es mayor que alrededor de 3 dS/m, las tasas de infiltración en suelos limosos y arcillosos podría reducirse, dando como resultado tiempos más largos de riego (para una guía, ver Alemi 1999, p. 18). En estas condiciones, se ha observado que las aplicaciones de yeso (*gypsum*) mejoran las tasas de infiltración. La acumulación de sales en la zona de raíces que ocurre al regar con agua salina puede ser aliviada en el periodo subsecuente de cultivos con un riego antes de plantar, usando agua de riego con baja salinidad o facilitando que el agua de lluvia se filtre de la zona de raíces mediante prácticas de labranza. En cualquiera de los casos, se requiere de un monitoreo de la zona de raíces que sirva como guía para la selección del agua de riego con una salinidad aceptable para que así la salinidad de la zona de raíces permanezca dentro de varios múltiples de la cantidad límite de tolerancia del cultivo a la sal.

La figura 1 resume las relaciones generales entre el agua aplicada, la fracción de filtración y la salinidad del suelo que puede ser usada dentro de la gráfica de la tolerancia a la salinidad (vea la tabla 1). La fracción de filtración (LF, por sus siglas en inglés) es la porción de agua infiltrada que se drena más allá de la zona de raíces. Determinar si la filtración de la lluvia o el riego están controlando la salinidad de la zona de raíces (Grismer 1990) es esencial para desarrollar estrategias sustentables a largo plazo para el uso de agua salina en cualquier región y debe

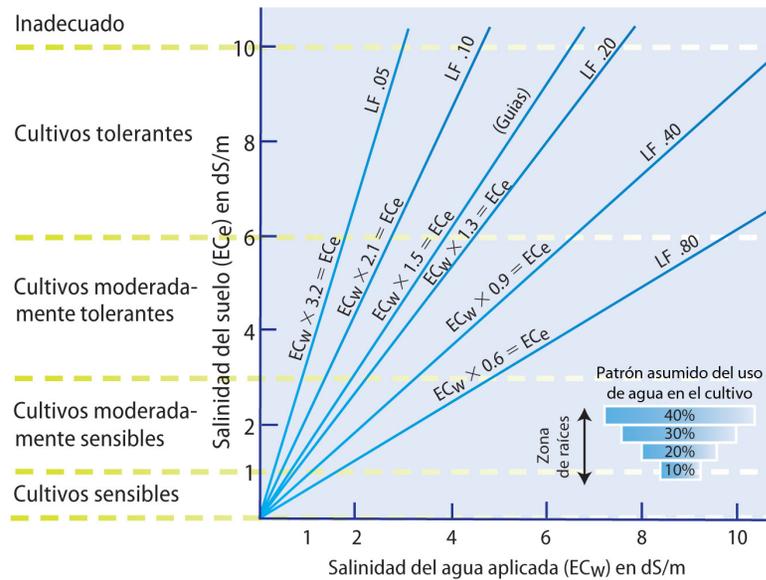


Figura 1. Efecto de la salinidad del agua aplicada (EC_w) en el suelo salino de la zona de raíces (EC_e) en varias fracciones de filtración (LF). Fuente: Ayers and Wescott 1985, chap. 2.4.

considerársele como parte del manejo de riego para campos en los que se aplica agua salina de drenado.

Tolerancia del cultivo a la sal

Mientras que la mayoría de los cultivos como el de alfalfa y algodón son moderadamente tolerantes a la sal, las verduras son típicamente más sensibles, y la reutilización del agua salina en los cultivos de verduras podría no ser factible si la salinidad del agua que se aplica (drenada o mezclada) excede los 3 dS/m. Las sales presentes en el suelo-agua pueden reducir la producción del cultivo y la calidad del producto. La salinidad puede afectar el crecimiento del cultivo a través de toxicidades específicas y efectos osmóticos. Una toxicidad de iones específica ocurre cuando una concentración particular de iones es suficiente para causar toxicidad. El boro, cloro y sodio

son algunos de los iones que impiden el crecimiento y desarrollo de las plantas. Una toxicidad específica causa la quemadura de las puntas y márgenes de las hojas del cultivo. El estrés osmótico se refiere a la reducción del potencial de agua disponible en el suelo porque el agua de la planta se mueve a través de la membrana celular de la raíz de la planta al suelo como resultado de la salinidad gradiente. En niveles normales de salinidad, el agua se mueve del sistema suelo-agua a las raíces de la planta debido a una mayor concentración de componentes en las células de la raíz. Este ajuste dentro de las células requiere de energía metabólica, y el ajuste en algunos cultivos es más eficiente que en otros, dándoles una mayor tolerancia a la salinidad. Consecuentemente, los efectos osmóticos pueden reducir la producción del cultivo en diversos grados y afectar la calidad del cultivo también. El efecto de la salinidad general del suelo en la producción de los cultivos de verduras puede ser descrito mediante la ecuación sobre la pérdida de producción de Maas-Hoffman

$$Y = 100 - B(EC_e - A)$$

la cual se ilustra en la figura 2. En esta ecuación, Y es la producción relativa (%), A es el valor de la cantidad límite (dS/m, la salinidad máxima de la raíz en la que no se observa una reducción de producción), B es el porcentaje de la reducción en la producción ante un incremento de 1 unidad de salinidad por encima del valor de la cantidad límite y EC_e es la salinidad promedio de la zona de las raíces. Los niveles de la salinidad del suelo en o por encima del valor de la cantidad límite (A) no afectan la producción o calidad del cultivo.

En la tabla 1 se resumen valores selectos de A y B de Maas-Hoffman para varios cultivos de verduras que se siembran en California (para cultivos adicionales ver Grieve et al. 2012). El aspecto práctico clave para mantener la producción del cultivo usando agua salina drenada es asegurarse que la salinidad de la zona de raíces durante la germinación y las primeras etapas de crecimiento se encuentren por debajo de los valores de la cantidad límite enumerados y dentro de uno o dos múltiplos de los mismos durante la temporada de riego. Esta última observación sugiere

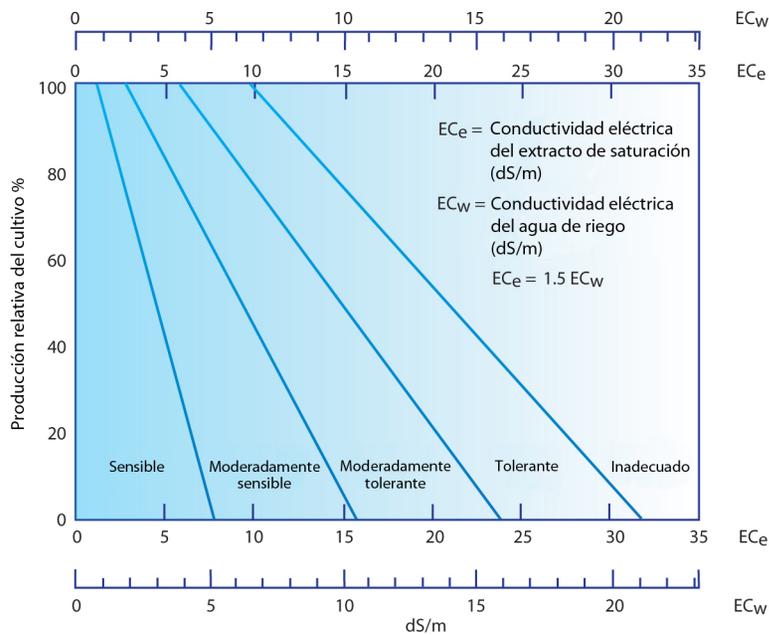


Figura 2. Ecuación Maas-Hoffman para la pérdida de producción y tasas relativas de tolerancia a la sal en los cultivos agrícolas. *Fuente:* Ayer and Westcott 1985, chap. 2.4.

que, durante periodos de sequía, se puede usar agua salina drenada después de que el cultivo se ha establecido bien. Los agricultores pueden seleccionar de manera progresiva cultivos más tolerantes a la sal (mayores valores A de cantidad límite de salinidad) que muestren pérdidas de producción menores por unidad de incremento en la aplicación de salinidad en el agua (valores B) conforme el suministro de agua disminuye y existe una mayor dependencia en el uso de agua salina drenada para riego. Podrían requerirse riegos adicionales para no imponer, al mismo tiempo, un estrés por sal y agua en el cultivo. Por ejemplo, las estrategias de déficit de riego que tienen una eficiencia con agua de buena calidad pueden ser devastadoras cuando se usa agua salina drenada, especialmente durante la temporada de crecimiento.

Tabla 1. Tolerancia a la sal por parte de verduras, granos, pastos y forrajes comunes en California

Cultivo	Cantidad límite de salinidad (A) (dS/m)	Vertiente (B) (% de pérdida por dS/m)	Nivel de tolerancia a la sal
alfalfa	2.0	7.3	moderadamente sensible
apio	1.8	6.2	moderadamente sensible
avena	ver cebada		tolerante
brócoli	2.8	9.2	moderadamente sensible
cártamo	—	—	moderadamente sensible
cebada	8.0	5.0	tolerante
cebollas	1.2	16.0	sensible
chiles	1.5	14.0	moderadamente sensible
espárragos	4.1	2.0	tolerante
espinacas	2.0	7.6	moderadamente sensible
frijoles	1.0	19.0	sensible
lechuga	1.3	13.0	sensible
maíz	1.8	7.4	moderadamente sensible
papas	1.7	12.0	moderadamente sensible
pasto bermuda	6.9	6.4	tolerante
pasto Sudán	2.8	4.3	moderadamente sensible
pepino	2.5	13.0	moderadamente sensible
rábanos	1.2	13.0	moderadamente sensible
remolacha	7.0	5.9	tolerante
trigo	6.0	7.1	moderadamente sensible
tomates	2.5	9.9	moderadamente sensible
uvas	1.5	9.6	moderadamente sensible
zanahoria	1.0	14.0	sensible

Conclusiones y recomendaciones

El agua salina drenada disponible en los sistemas de drenaje sub-superficial puede ser una fuente de agua para riego y producción agrícola en California. En los campos con sistemas de drenaje subsuperficial en los que los granjeros pueden manipular los niveles de agua subterránea de poca profundidad, sería más

rentable simplemente manejar la elevación de las capas freáticas y dejar que el cultivo use directamente el agua subterránea de poca profundidad. No obstante, estudios a largo plazo sobre el uso de agua salina para riego en varios cultivos han indicado que se puede usar con éxito y a la vez mantener la producción del cultivo si los granjeros manejan con cuidado la humedad de la tierra y salinidad en la zona de raíces mediante la aplicación de una adición a la fracción de filtración al riego con agua salina, seguida de un riego con agua de baja salinidad por lo menos entre las temporadas de crecimiento. Los granjeros interesados en obtener y usar agua drenada en la producción de cultivos deben

- contactar a sus agencias de agua locales para obtener información sobre la disponibilidad de agua drenada, la calidad promedio del agua mensualmente y el costo anticipado por uso, bombeo y transportación a los campos de cultivo
- determinar la salinidad promedio del suelo por zona (la profundidad depende del cultivo; sugerimos tomar muestras del suelo a profundidades de 6, 12, 24 y 36 pulgadas) a finales de la temporada de riego del verano (antes del clima lluvioso) y después de la temporada de lluvia para evaluar los niveles de Na, Cl, SAR y salinidad en la zona de raíces
- considerar la posibilidad de mezclar o aplicar en ciclos agua salina drenada con agua subterránea de buena calidad o suministros de agua de superficie para el control de la salinidad del agua que se aplica y la zona de raíces
- monitorear los niveles de Na, Cl, B, SAR y salinidad del suelo por lo menos una vez al año (al final de la estación de riego del verano) y preferiblemente dos veces al año, para asegurar que la condición del suelo en la zona de raíces es aceptable

Referencias

- Alemi, M. 1999. Drainage reuse, final report, task 1. San Joaquin Valley Drainage Program. Sacramento: DWR. DWR website, www.water.ca.gov/pubs/groundwater/drainage_reuse_final_report_-_san_joaquin_valley_drainage_implementation_program/03-reuse.pdf.
- Ayars, J. E., R. B. Hutmacher, R. A. Schoneman, S. S. Vail, and T. Pflaum. 1993. Long-term use of saline water for irrigation. *Irrigation Science* 14:27–34.
- Ayars, J. E., R. W. Soppe, and P. Shouse. 2006a. Alfalfa production using saline drainage water. USCID 4th International Conference Proceedings. 287–301.
- Ayars, J. E., E. W. Christen, R. W. O. Soppe, and W. S. Meyer. 2006b. Resource potential of shallow groundwater for crop water use: A review. *Irrigation Science* 24:147–160.
- Ayers, R. S., and D. W. Westcott. 1985. Water quality for agriculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO website, www.fao.org/DOCRp/003/T0234e/T0234E03.htm.
- Bali, K. M., M. E. Grismer, and R. L. Snyder. 2001. Alfalfa water use pinpointed in saline, shallow water tables of Imperial Valley. *California Agriculture* 55(4): 38–43.
- Grattan, S. R., J. D. Oster, S. E. Benes, and S. R. Kaffka. 2012. Use of saline drainage waters for irrigation. In W. W. Wallender and K. K. Tanji, eds., *Agricultural salinity assessment and management*. 2nd ed. Reston, VA: American Society of Civil Engineers. 687–719.
- Grieve, C. M., S. R. Grattan, and E. V. Maas. 2012. Plant salt tolerance. In W. W. Wallender and K. K. Tanji, eds., *Agricultural salinity assessment and management*. 2nd ed. Reston, VA: American Society of Civil Engineers. 405–459.
- Grismer, M. E. 1990. Leaching fraction, soil salinity, and drainage efficiency. *California Agriculture* 44(6): 24–27.
- Grismer, M. E., and K. Bali. 2015. Drought tip: Use of shallow groundwater for crop production. Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources Publication 8511. UC ANR catalog website, anrcatalog.ucanr.edu/Details.aspx?itemNo=8521.

- Hanson, B. 2006. Agricultural salinity and drainage. Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources Publication 3375.
- Rhoades, J. D. 1984a. Use of saline water for irrigation. *California Agriculture* 38(10): 42–43.
- . 1984b. New strategy for using saline waters for irrigation. In J. A. Replogle and K. G. Renard, ed., *Proceedings ASCE Irrigation and Drainage Specialty Conference: Water today and tomorrow*. New York: American Society of Civil Engineers. 231–236.

- Rhoades, J. D., S. L. Rawlins, and C. J. Phene. 1980. Irrigation of cotton with saline drainage water. American Society of Civil Engineers, Convention and Exposition, Portland, OR, April. Preprint 80–119.
- Rhoades, J. D., F. T. Bingham, J. Letey, G. I. Hoffman, A. R. Dedrick, P. J. Pinter, and J. A. Replogl. 1989. Use of saline drainage water for irrigation: Imperial Valley study. *Agricultural Water Management* 16:25–36.
- Rhoades, J. D., A. Kandiah, and A. M. Marshali. 1992. The use of saline waters for crop production. Rome, Italy: UN FAO Irrigation & Drainage paper 48. FAO website, www.fao.org/docrep/t0667e/t0667e00.HTM.



Esta publicación fue escrita y producida por la División de Agricultura y Recursos Naturales (ANR, por sus siglas en inglés) de la Universidad de California bajo un acuerdo con el Departamento de Recursos del Agua de California (Department of Water Resources).

Para más información sobre las publicaciones y otros productos de ANR, visite el catálogo en línea de ANR Communication Services en anrcatalog.ucanr.edu/ o llame al 1-800-994-8849. También puede pedir las por correo electrónico o solicitar un catálogo impreso de nuestros productos escribiendo a

University of California
Agriculture and Natural Resources
Communication Services
2801 Second Street
Davis, CA 95618

Telephone: 1-800-994-8849
E-mail: anrcatalog@ucanr.edu

©2018 The Regents of the University of California. Este trabajo se publica bajo la Licencia Internacional Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0. Para una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> o envíe una carta a Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Publicación 8410

ISBN-13: 978-1-62711-016-7

Esta publicación es una traducción de *Drought Tip: Use of Saline Drain Water for Crop Production*, ANR Publication 8554, publicada en 2015. Traducción por Leticia Garcia-Irigoyen.

La Universidad de California prohíbe la discriminación o el hostigamiento, contra cualquier empleado o persona que busque empleo en la Universidad de California, por razones

de raza, color, origen nacional, religión, sexo, identidad en función del género, embarazo (inclusive embarazo, parto y condiciones médicas relacionadas con el embarazo o el parto), incapacidad física o mental, estado de salud (casos de cáncer o de características genéticas), información genética (inclusive historial médico familiar), ascendencia, estado civil, edad, preferencia sexual, ciudadanía o por haber prestado servicio militar (según lo define la Ley de Derechos a Contratación y Recontratación de los Servicios Uniformados de 1994: servicio en el servicio militar incluye: membresía, solicitud de membresía, desempeño de servicio, solicitud de servicio u obligación de servicio en los servicios uniformados) o en cualquiera de sus programas o actividades.

La política de la Universidad también prohíbe represalias contra cualquier empleado o persona que busque empleo o cualquier persona que participe en sus programas y actividades y que haya presentado una queja por discriminación o acoso sexual según estas reglas. La política de la Universidad se propone concordar con las disposiciones de las leyes federales y estatales precedentes.

Las preguntas sobre la política antidiscriminatoria de la Universidad pueden dirigirse a: John Sims, Affirmative Action Contact y Title IX Officer, University of California Division of Agriculture and Natural Resources, 2801 Second Street, Davis, CA, 95618 (530-750-1397).

Email: jsims@ucanr.edu. Website: http://ucanr.edu/sites/anrstaff/Diversity/Affirmative_Action/.

Se puede encontrar una copia electrónica de esta publicación en el catálogo del sitio web de ANR Communication Services, anrcatalog.ucanr.edu/.



La exactitud técnica de esta publicación fue evaluada anónimamente por científicos y otros profesionales calificados de la Universidad de California. Este proceso de evaluación fue supervisado por Allan Fulton, editor asociado de ANR para Ciencias del Suelo, Aire y Agua.

web-4/18-LR/BG