

CONSEJOS SOBRE LA SEQUÍA

Cultivar con agua subterránea de poca profundidad

El agua subterránea de poca profundidad que se encuentra dentro de los primeros 6 pies de profundidad de la superficie de la tierra puede ser una fuente significativa de agua para la producción agrícola, especialmente durante los periodos de sequía. La fracción de la demanda de agua para cultivo que las capas freáticas poco profundas pueden satisfacer depende del tipo de cultivo, riego y manejo de drenaje o desagüe, tipo de suelo, profundidad de la capa freática y la salinidad del agua subterránea de poca profundidad (Ayars et al. 2006). Hace varias décadas, la investigación se enfocaba en la posibilidad del flujo ascendente del agua subterránea proveniente de las capas freáticas poco profundas en términos de las características hidráulicas de la zona de raíces y la salinización del suelo y la necesidad de un desagüe subsuperficial. Debido en parte a una mayor elevación del lindero (ver Grismer 1986) en suelos de textura más fina, se han detectado mejores índices de flujo ascendente en suelos limosos que en los suelos arenosos con un aumento capilar pequeño o en suelos arcillosos con muy baja impermeabilidad.

A pesar de que estas observaciones se han hecho en torno a cultivos perennes con una tolerancia moderada a la sal, cultivos perennes como el forraje de alfalfa, parras y cultivos de árboles tienen un mayor potencial para el uso de agua sobre el terreno proveniente de la subterránea de poca profundidad que los cultivos anuales debido a que sus sistemas de raíces se encuentran bien desarrollados y establecidos después de la primera temporada de crecimiento. Siguiendo los estudios originales de Namken et al. (1969), Wallender et al. (1979) y Grimes y Henderson (1984), investigaciones más recientes con un renovado enfoque en mejorar el uso eficiente del agua mediante el manejo integrado del riego y desagüe han determinado que el agua

MARK E. GRISMER, profesor de recursos del suelo, aire y agua de la Universidad de California, Davis; y **KHALED M. BALI**, director del condado y asesor del manejo de la irrigación y el agua de Extensión Cooperativa de la Universidad de California, condado de Imperial

subterránea de poca profundidad puede satisfacer hasta la mitad del requerimiento de agua de un cultivo (Ayars and Schoneman 1986; Ayars and Hutmacher 1994; Hutmacher et al. 1996), reduciendo, por ende, la demanda de riego. La obvia complejidad de estas interacciones (ver fig. 1) imposibilita las investigaciones que toman en consideración el riego, suelos, plantas y profundidad de la capa freática de manera simultánea (Ayars et al. 2006); sin embargo, estudios de aspectos múltiples se han llevado a cabo para sugerir que este recurso acuífero debe ser usado durante periodos de sequía.

Nosotros tomamos en consideración cada uno de los siguientes aspectos, seguidos por directrices básicas que deben permitir el uso del agua subterránea de poca profundidad durante algunos

años. Mientras que el uso persistente de agua salina subterránea de poca profundidad para satisfacer la demanda de agua de un cultivo es probablemente no sustentable a largo plazo, los estudios indican que cuando se maneja correctamente, el agua subterránea de poca profundidad usada en los cultivos puede resultar suficiente si se da una filtración en la zona de raíces con agua de lluvia o preirrigación.

Flujo ascendente de tierra-agua

Para que el agua subterránea de poca profundidad esté disponible para las necesidades de agua para cultivo, el agua debe fluir de manera ascendente a la zona de las raíces del cultivo. El índice en el que esto ocurre depende de la distancia entre la capa freática y la base de la zona de las raíces, así como del tipo de tierra. Este índice de fluidez se determina en base a la conductividad hidráulica del suelo (la cual depende de la humedad del suelo) y de la fuerza ascendente impulsora controlada por la profundidad de la capa freática y los índices de evapotranspiración cercanos a la superficie. Entre menor sea la distancia entre la capa freática y la zona de las raíces y entre más seca sea la tierra de la zona de las raíces, mayores serán los índices del flujo ascendente proveniente de la capa freática, asumiendo que todos los demás factores sean iguales. Similarmente, entre más fina sea la textura de la tierra (más arcillosa), más pequeños son las conductividades hidráulicas y los índices del flujo ascendente hacia la zona de las raíces. Este índice de flujo ascendente se ve también afectado por la salinidad de la capa freática: un incremento en la salinidad del agua subterránea de poca profundidad reduce el flujo ascendente, debido a la preferencia de la planta por el agua de salinidad más baja.

Condiciones de la zona de raíces

El uso del agua subterránea de poca profundidad en el cultivo no será significativo hasta que el sistema de raíces se haya desarrollado adecuadamente en la proximidad de la capa freática, pues las raíces son el conductor principal entre la capa freática y el cultivo. Sin embargo, la cuantificación de la zona de raíces ha sido elusiva, pues existe muy poca información disponible sobre el desarrollo de

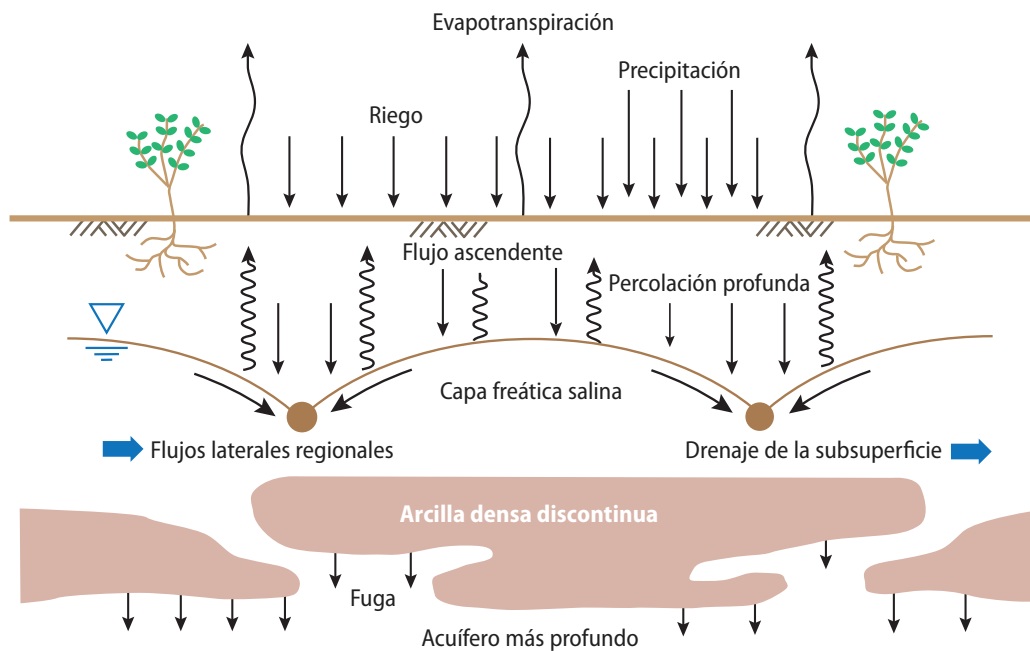


Figura 1. Procesos e interacción de la capa freática de agua subterránea de poca profundidad con sistemas de riego y desagüe. Fuente: Adaptación de Grismer et al. 1988.

raíces relativo a la fase de crecimiento del cultivo, a la profundidad máxima de las raíces y a la forma en que estas se ven afectadas por la presencia del agua subterránea de poca profundidad de una salinidad particular. Claramente, entre más rápido se acercan las raíces a la capa freática, mayor es la oportunidad de extraer agua subterránea de poca profundidad a principios de la temporada de crecimiento. Entre más áspera es la textura de la tierra, más cercanas necesitan estar las raíces a la capa freática para extraer agua subterránea de poca profundidad porque los suelos más ásperos pueden retener menos agua que los suelos de textura más fina a la misma succión suelo-agua (el mismo potencial métrico). Mientras que algunos estudios sugieren que la tercera parte superior de la zona de raíces (donde la densidad de la raíz es usualmente la mejor) es la más importante, los estudios que toman en consideración la extracción del agua subterránea de poca profundidad descubrieron que la porción de la zona de las raíces más pequeña y más cercana a la franja capilar de la capa freática era el origen de la fracción más grande de agua subterránea extraída (ver Soppe and Ayars 2002).

Tipo de cultivo

Para un cierto campo de cultivo, la selección del sembradío es la variable clave en el manejo controlable para maximizar el uso de agua subterránea de poca profundidad por parte de la planta con el fin de satisfacer la demanda de evapotranspiración. No obstante que muchas plantas pueden extraer agua subterránea de poca profundidad, las características agronómicas de la planta que afectan la contribución del agua subterránea de poca profundidad para satisfacer los requerimientos de riego del cultivo incluyen la tolerancia a la sal, la duración de la temporada de crecimiento y las características de la raíz. La tolerancia a la sal por parte de las plantas es un factor dominante que afecta el uso del agua por parte del cultivo y debe considerarse la posibilidad de cambiar a cultivos que sean tolerantes a la sal durante los periodos de sequía. Mass and Hoffman (1977) y Maas (1986) caracterizaron la tolerancia de la planta a la sal en base a la pérdida de producción en función de un incremento de salinidad en la zona de la raíz. Estudios de lisímetro

y de campo han indicado que esta tolerancia a la salinidad es, en la práctica, no un valor estático y que los cultivos tienden a hacerse más tolerantes a la sal conforme maduran, sugiriendo que el valor de cantidad mínima de Mass-Hoffman puede ser usado como un punto de referencia para considerar el uso de agua subterránea poco profunda (ver fig. 2).

Una amplia variedad de cultivos han tenido éxito tras obtener una porción significativa de su requerimiento de riego proveniente del agua subterránea de poca profundidad. Los tipos de cultivos oscilan desde cultivos de huertos (como chiles y zanahorias) a granos, heno y algunos cultivos de árbol (por ejemplo, las palmas de dátiles) que cuentan con una tolerancia a la sal desde sensible (lechuga) hasta tolerante (algodón). Sin embargo, la mayoría de los cultivos que utilizan el agua subterránea de poca profundidad

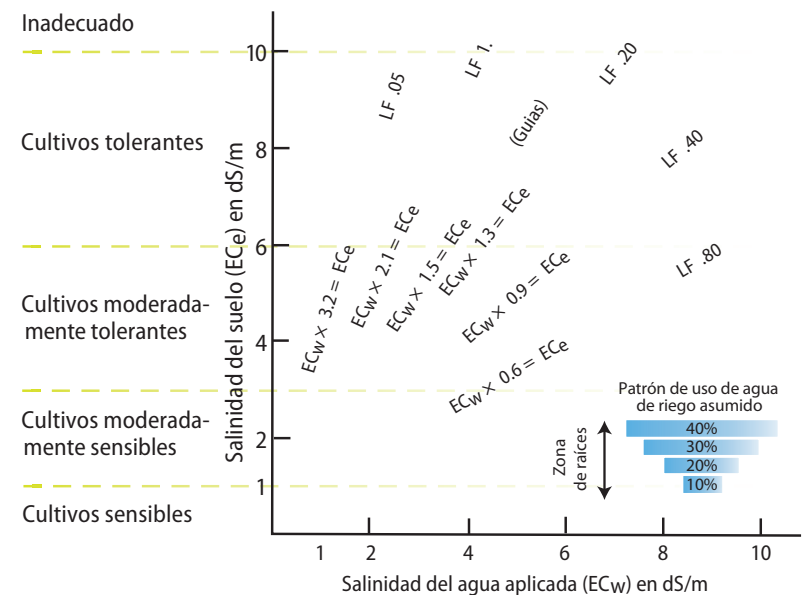


Figura 2. Efecto de la salinidad del agua aplicada (EC_w) sobre la salinidad del suelo en la zona de raíces (EC_e) en varias fracciones de filtración (LF). Fuente: Ayars and Westcot 1985, fig. 7.

tienen raíces profundas y son moderadamente tolerantes a la sal o son cultivos tolerantes a la sal en base a la cantidad límite de salinidad de Maas-Hoffman (1977). Para los cultivos que han utilizado bien cantidades significativas de agua subterránea de poca profundidad, Ayars et al. (2006) resume los suelos en los que se cosecha, la profundidad y salinidad de la capa freática y el manejo de riego y las condiciones climáticas asociadas (por ejemplo, el promedio de lluvia). Estudios adicionales que no se incluyen en la tabla de Ayars et al. (2006) que tienen resultados similares a los tabulados incluyen los pertenecientes a cultivos de pasto Sudán y alfalfa (Bali et al. 2001a and 2001b; Grismer and Bali 2001; Grismer et al. 2001), al igual que maíz (Kang et al. 2001), trigo de invierno (Kang et al. 2001; Karimov et al. 2014), cártamo (Gharmarnia et al. 2011) y palmeras de dátiles (Zeineldin 2010).

Como se indicó arriba, la cantidad total de agua subterránea de poca profundidad usada en los cultivos varía ampliamente, dependiendo de la salinidad de este líquido en relación con la tolerancia a la salinidad del cultivo, el riego y el manejo del sistema de desagüe, la calidad del agua de riego, el tipo de suelo y la profundidad de la capa freática. Los cultivos que extraen más del 50% del requerimiento de agua del cultivo proveniente del agua subterránea de poca profundidad tuvieron una salinidad del agua subterránea razonable (de 4 a 6 dS/m), relativa a la tolerancia del cultivo a la sal, tenían raíces más profundas y estaban sujetas a una menor frecuencia de riego de menos de una vez a la semana. La fracción del agua subterránea de poca profundidad usada por el cultivo se reduce dramáticamente conforme la salinidad del suelo y del agua subterránea de poca profundidad se incrementa, aunque el cultivo todavía puede extraer agua subterránea de poca profundidad de tres a cuatro veces más que la cantidad límite de salinidad.

El periodo de la temporada de crecimiento del cultivo puede impactar significativamente el uso del agua subterránea de poca profundidad: entre más larga sea la temporada de crecimiento, mayor es el potencial de uso de agua subterránea poco profunda. Los cultivos perennes con sistemas de raíces más profundas, o cultivos anuales con temporadas de crecimiento más prolongados

que desarrollan ese tipo de sistemas de raíces, tienen una mayor oportunidad de extraer agua subterránea de poca profundidad cuando las plantas han madurado y son más tolerantes a la sal. Para los cultivos anuales, la mayor parte del agua subterránea de poca profundidad que se usa ocurre entre el último riego y la cosecha del cultivo, cuando la zona de las raíces se encuentra en su máximo desarrollo y la planta es más tolerante a la sal.

Manejo del riego y sistema de desagüe

El manejo integrado de riego y de desagüe está dirigido a proveer humedad en el suelo (asociada con una salinidad aceptable) y las condiciones de aireación del suelo favorables al crecimiento del cultivo. Juntos con la selección del cultivo, la posibilidad de una manipulación de la capa freática de poca profundidad combinada con el cambio de la frecuencia del riego puede maximizar la explotación del recurso del agua subterránea de poca profundidad para satisfacer los requerimientos de agua del cultivo.

En los campos con sistemas de desagüe de subsuperficie (baldosas) en donde el flujo del principal colector de desagüe puede ser manipulado, el control óptimo de la capa freática incluiría el mantenimiento de la capa freática cercana a la base de la zona de raíces del cultivo. Conforme el cultivo madura y la profundidad de las raíces se incrementa, la profundidad de la capa freática podría también incrementarse. Es importante tomar en consideración la fuente de la alta capa freática local. Si esta es resultado de un riego ineficiente, mejorar la eficacia del riego reduce la percolación profunda de la zona de las raíces, y la capa freática superficial podría retroceder a niveles profundos más allá de donde la extracción de la zona de las raíces es significativa. Por otra parte, si el agua subterránea del campo de cultivo es sustentada por corrientes de agua subterránea de poca profundidad (laterales) de la región (por ejemplo, canal de filtración, lluvia), existe un mayor potencial para el uso de agua subterránea de poca profundidad localmente. Si el agua subterránea de poca profundidad es salina, el potencial para el uso de agua subterránea sustentable se ve limitado por el manejo de la salinidad de la zona de las raíces, y podría

requerir de volver a plantar o usar el riego de filtración durante el periodo de barbecho.

El manejo de riego, como lo describe el tipo de sistema de aplicación (por ejemplo, por inundación, aspersores o goteo), la uniformidad asociada a la aplicación, la profundidad de la aplicación y la frecuencia de la aplicación, tiene un efecto directo sobre el potencial para el uso de agua subterránea de poca profundidad en el cultivo. En general, entre mejor sea la uniformidad de la aplicación y menos frecuente y más pequeña sea la profundidad de la aplicación, mayor es la oportunidad que tiene el agua subterránea de poca profundidad de satisfacer parte de la demanda de agua del cultivo. Aunque se han desarrollado algunos valores de coeficiente para la profundidad de la capa freática salina (por ejemplo, Ayars and Hutmacher 1994) para su posible uso en el horario de riego, el desarrollo de directrices generales continua siendo un problema debido a la complejidad del sistema, como se describe anteriormente. Se requiere el monitoreo regular de la profundidad y salinidad del agua subterránea de poca profundidad, de la salinidad del agua y tierra de la zona de raíces y del estrés de la planta asociado con el agua, como parte del horario de riego para contar con información de tiempo real sobre las condiciones de crecimiento del cultivo. Dicho monitoreo puede realizarse quincenalmente en los cultivos temporales y mensualmente en los cultivos perennes.

Resumen

El agua subterránea de poca profundidad es un recurso valioso como suministro adicional de agua para satisfacer los requerimientos de riego de los cultivos, especialmente durante la temporada de sequía; sin embargo, desarrollar este recurso es algo específico al sitio y requiere de una evaluación del sistema de cultivos proyectado, el suelo y los recursos acuíferos y el manejo de los sistemas de riego y desagüe disponibles. El uso de agua subterránea de poca profundidad se limita al recurso acuífero que la suministra y al manejo de la salinidad asociada al perfil de suelo. El agua subterránea de poca profundidad es un recurso posiblemente factible durante algunos años, pero no es probable que sea

sustentable durante mucho tiempo más a no ser que la fuente de agua subterránea de poca profundidad y buena calidad sea también sustentable a largo plazo. Otra alternativa podría ser usar agua reciclada para riego (ver Platts and Grismer 2014a and 2014b; Weber et al. 2014).

Referencias

- Ayers, R. S., and D. W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. Rome: FAO. FAO website, www.fao.org/DOCRReP/003/T0234e/T0234E03.htm.
- Ayars, J. E., and R. B. Hutmacher. 1994. Crop coefficients for irrigating cotton in the presence of groundwater. *Irrigation Science* 15:45–52.
- Ayars, J. E., and R. A. Schoneman. 1986. Use of saline water from a shallow water table by cotton. *Transactions of the ASAE* 29(6): 1674–78.
- Ayars, J. E., E. W. Christen, R. W. O. Soppe, and W. S. Meyer. 2006. Resource potential of shallow groundwater for crop water use: A review. *Irrigation Science* 24:147–160.
- Bali, K. M., M. E. Grismer, and R. L. Snyder. 2001a. Alfalfa water use pinpointed in saline, shallow water tables of Imperial Valley. *California Agriculture* 55(4):38–43.
- Bali K. M., M. E. Grismer, and I. C. Tod. 2001b. Reduced-runoff irrigation of alfalfa in Imperial Valley, California. *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 127(3): 123–130.
- Ghamarnia, H., M. Golamian, S. Sepehri, and I. Arji. 2011. Shallow groundwater use by safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in a semi-arid region. *Irrigation Science* 29:147–156.
- Grimes, D. W., and D. W. Henderson. 1984. Developing the resource potential of a shallow water table. Project #B-216-CAL. Davis: California Water Resources Center, University of California.

- Grismer, M. E. 1986. Pore-size distributions and infiltration. *Soil Science* 141(4): 249–260.
- . 2001. Sudangrass hay uses water at rates similar to alfalfa, depending on location. *California Agriculture* 55(4): 44–48.
- Grismer, M. E., and K. M. Bali. 2001. Reduced-runoff irrigation of sudangrass hay, Imperial Valley, California. *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 127(5): 319–324.
- Grismer, M. E., and T. K. Gates. 1988. Estimating saline water table contributions to crop water use. *California Agriculture* 42(2): 23–24.
- Grismer, M. E., T. K. Gates, and B. R. Hanson. 1988. Irrigation and drainage strategies in salinity problem areas. *California Agriculture* 42(5): 23–24.
- Hutmacher, R. B., J. E. Ayars, S. S. Vail, A. D. Bravo, D. Dettinger, and R. A. Schoneman. 1996. Uptake of shallow groundwater by cotton: Growth stage, groundwater salinity effects in column lysimeters. *Agricultural Water Management* 31:205–223.
- Kang, S., F. Zhang, X. Hu, P. Jerie, and L. Zhang. 2001. Effects of shallow water table on capillary contribution, evapotranspiration, and crop coefficient of maize and winter wheat in a semi-arid region. *Australian Journal of Agricultural Research* 52:317–327.
- Karimov, A. K., J. Simunek, M. A. Hanjra, M. Avliyakov, and I. Forkutsa. 2014. Effects of the shallow water table on water use of winter wheat and ecosystem health: Implications for unlocking the potential of groundwater in the Fergana Valley (Central Asia). *Agricultural Water Management* 131:57–69.
- Maas, E. V. 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research* 1:12–26.
- Maas, E. V., and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance: Current assessment. *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 103(2): 115–134.
- Namken, L. N., C. L. Wiegand, and R. G. Brown. 1969. Water use by cotton from low and moderately saline static water tables. *Agronomy Journal* 61:305–310.
- Platts, B. and M. E. Grismer. 2014a. Chloride levels increase after 13 years of recycled water use in the Salinas Valley. *California Agriculture* 68(3): 68–74.
- . 2014b. Rainfall leaching is critical for long-term use of recycled water in the Salinas Valley. *California Agriculture* 68(3): 75–81.
- Soppe, R. W., and J. E. Ayars. 2002. Crop water use by safflower in weighing lysimeters. *Agricultural Water Management* 60:59–71.
- Wallender, W. W., D. W. Grimes, D. W. Henderson, and L. K. Stromberg. 1979. Estimating the contribution of a perched water table to the seasonal evapotranspiration of cotton. *Agronomy Journal* 71:1056–1060.
- Weber, E., S. R. Grattan, B. R. Hanson, G. A. Vivaldi, R. D. Meyer, T. L. Prichard, and L. J. Schwankl. 2014. Recycled water causes no salinity or toxicity issues in Napa vineyards. *California Agriculture* 68(3): 59–67.
- Zeineldin, F. 2010. Evaluation of shallow groundwater table to irrigation of date palms under irrigation reduction in Saudi Arabia. *Proceedings of the 2010 International Conference of Chemistry and Chemical Engineering*. Piscataway, NJ: IEEE. 342–345.



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 pedirlos 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 8412

ISBN-13: 978-1-62711-012-9

Traducción por Leticia Garcia-Irigoyen.

Esta publicación es una traducción de *Drought Tip: Use of Shallow Groundwater for Crop Production*, ANR Publication 8521, publicada en 2015.

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 Rachael Freeman Long, editor asociado de ANR para Agronomía y Ciencias de Praderas y Pasturas.

web-3/18-LR/BG