

## CONSEJO SOBRE LA SEQUÍA

# La tolerancia del cultivo a la sal

**L**a **salinidad del suelo** es una importante causa de estrés que afecta los cultivos de riego en muchas áreas de California. Este estrés se agudiza frecuentemente durante los años de sequía. Con el tiempo, las sales pueden acumularse en el suelo cuando los cultivos extraen el agua, dejando tras de sí las sales en la zona de raíces. Sin una filtración (o lixiviación) suficiente, las sales acumuladas alcanzan eventualmente un nivel que daña los cultivos. Aun cuando el agua de riego sea baja en salinidad, las sales se acumulan eventualmente en el suelo en niveles perjudiciales si no existe una filtración proveniente de la lluvia o un exceso de agua de riego.

Bajo condiciones de sequía, los suministros de agua de superficie de alta calidad podrían no estar disponibles en las cantidades suficientes para satisfacer las necesidades de los cultivos y podrían ser suplementadas o completamente reemplazadas con agua subterránea o de superficie de menor calidad. Irónicamente, el agua de riego con mayor contenido de sal requiere de más agua para poder mantener el mismo nivel de salinidad en el suelo; o sea que el agua de menor calidad requiere de más filtración o lixiviación. Pero independientemente de la calidad del agua que se aplique, el déficit de riego combinado con agua de baja calidad agudiza el problema de salinidad.

Todos los suelos y el agua de riego contienen sales disueltas, pero estas sales varían tanto en concentración como composición. Las principales sales disueltas son los cationes de sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y los aniones de cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). Típicamente, el agua subterránea contiene de manera natural mayores concentraciones de estos elementos y algunos suelos cuentan con mayor salinidad que otros. Estas sales disueltas pueden limitar el crecimiento cuando su concentración en la zona de raíces excede niveles críticos, como se describe más adelante.

La mejor manera de describir la salinidad es mediante la conductividad eléctrica (EC, por sus siglas en inglés) del agua de riego ( $\text{EC}_w$ , por sus siglas en inglés) o el EC de la pasta de suelo saturada ( $\text{EC}_e$ , por sus siglas en inglés); entre más alta sea la concentración de sal disuelta, más alto es el EC. Las unidades de EC son expresadas en  $\text{dS/m}$  o  $\text{mmho/cm}$  donde  $1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mmho/cm}$ . Para los valores de EC menores a  $5 \text{ dS/m}$ ,  $1 \text{ dS/m} = 640 \text{ mg/L}$  total de sólidos disueltos (TDS) y  $1 \text{ dS/m} =$  alrededor de  $800 \text{ mg/L}$  para valores de EC mayores a  $8 \text{ dS/m}$ .

**STEPHEN R. GRATTAN,**  
especialista en rela-  
ciones planta-agua de  
Extensión Cooperativa  
de la Universidad de  
California en Davis

ECe es un importante parámetro porque este valor se usa para describir la tolerancia del cultivo a la sal. Todos los cultivos pueden tolerar un cierto nivel de sales hasta una cantidad límite (ECt, por sus siglas en inglés), la cual, al ser rebasada, causa que la producción se reduzca en una forma lineal. Los valores críticos de ECt varían entre los cultivos de la misma manera en la que se reducen los índices de producción con un incremento en la salinidad del suelo (la pendiente de una producción baja) al rebasar esta cantidad límite.

### La tolerancia del cultivo a la salinidad y los iones específicos

Los cultivos no solo responden a la concentración total de sales disueltas en el agua, sino también a elementos específicos (o iones). Las respuestas a la salinidad se caracterizan como efectos osmóticos o de iones específicos. Los efectos osmóticos ocurren cuando la concentración de sal en la solución de suelo, sin referencia al tipo de sales presentes, es excesiva para una producción óptima o calidad del cultivo. Por lo tanto, el exceso de sales en el fertilizante puede suprimir el crecimiento del cultivo como lo haría la sal de mesa (NaCl). Los efectos de iones específicos, por otro lado, ocurren cuando el cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ) y/o boro (B) se acumulan en la planta y causan daños específicos o lesiones visuales (las altas concentraciones de sodio también pueden causar un desequilibrio nutricional en la planta). Aun cuando es difícil cuantificarlos, se cree que los efectos osmóticos son el efecto dominante que inhibe el crecimiento en cultivos anuales, a la vez que los efectos iones pueden convertirse en el efecto dominante que inhibe el crecimiento de árboles y cultivos de enredadera. Desafortunadamente, no existen estudios a largo plazo sobre los daños causados por la sal a cultivos de árboles. Esta publicación aborda el daño a los cultivos debido a los efectos osmóticos.

### Tolerancia del cultivo a la sal

La respuesta más común de la planta entera al estrés por sal es la falta de crecimiento en general. Este es un efecto osmótico. Conforme la concentración en la zona de raíces se eleva por encima

de la cantidad límite (ECt), tanto el índice de crecimiento como la producción del cultivo se reducen progresivamente. La planta que es sometida a un estrés por sal es más pequeña que la que no pasa por ese tipo de estrés, pero todavía luce saludable a menos que la salinidad sea extrema (ver fig. 1). Sin embargo, la cantidad límite y la tasa de reducción del crecimiento varían ampliamente entre las diferentes especies de cultivos. En un campo de cultivos anuales, el dosel arbóreo podría tener una apariencia como ondulada y presentar secciones secas. Esto se debe grandemente a la variabilidad de la salinidad del suelo en todo el campo de cultivo.

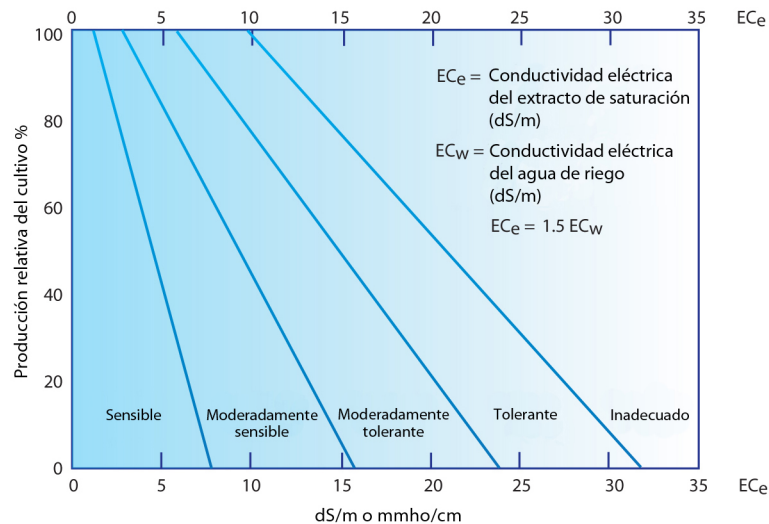
La tolerancia a la sal se basa en la habilidad del cultivo para mantener su producción y calidad a pesar de un incremento en la salinidad. La tolerancia de los cultivos a la sal puede ser descrita como una función de la reducción de productividad a lo largo de un rango de concentraciones de sal expresadas como la salinidad



**Figura 1.** Efectos osmóticos que muestran un crecimiento reducido del apio cuando el EC de las sales agregadas en el agua del suelo se incrementan de 0 a 12 dS/m. *Fotografía:* L. Francois.

promedio de la zona de raíces (fig. 2). La tolerancia a la sal puede ser caracterizada adecuadamente en base a dos parámetros: el parámetro de la “cantidad límite” (ECt), lo cual significa la salinidad máxima en la zona de raíces que el cultivo puede tolerar antes de que la producción se reduzca, y la “pendiente”, la cual describe el índice en el que la producción se reduce con un incremento en la salinidad del suelo. Las plantas que son sensibles a la sal tienen una cantidad límite baja y pendientes pronunciadas, mientras que las plantas tolerantes a la sal tienen cantidades límites más altas y pendientes menos pronunciadas.

Donde existe información disponible, la función potencial de producción para un cultivo en particular puede ser trazada en forma similar a las líneas de la figura 2. Mientras que las cantidades mínimas (ECt) y pendientes varían entre los cultivos, las líneas que son más específicas a los cultivos se sitúan entre las líneas limítrofes de la tolerancia en la figura 2. Estas líneas clasifican la tolerancia a



**Figura 2.** Producción relativa de un cultivo (o potencial productivo) en función de la salinidad promedio de una zona de raíces (ECe, dS/m) agrupada de acuerdo con la tolerancia relativa o sensibilidad a la salinidad. Fuente: adaptado de Maas and Grattan 1999; Grieve et al. 2012).

la sal general como sensible a la sal, moderadamente sensible a la sal, moderadamente tolerante a la sal o tolerante a la sal. Por ejemplo, un cultivo con una producción límite (ECt) de 2.0 dS/m y una producción de un 50% a 7 dS/m sería clasificada como moderadamente sensible a la sal.

La tabla 1 provee las clasificaciones sobre la tolerancia a la sal de cultivos selectos. La clasificación sobre la tolerancia de los cultivos de la tabla 1 puede ser usada con la figura 2 para obtener un cálculo general del potencial productivo del cultivo para cierta salinidad de la zona de raíces (ECe). Tome nota que la mayoría de los árboles y cultivos de enredadera se categorizan como sensibles o moderadamente sensibles. Muchos cultivos de pasto y forraje son categorizados como moderadamente tolerantes a tolerantes. Para información específica sobre potenciales productivos de cultivos individuales, vea la publicación de UC ANR 8595 (*Calidad del agua para cultivos de verduras y en línea*) de la serie *Consejos sobre la sequía*, en <http://anrcatalog.ucanr.edu/Details.aspx?itemNo=8595> y *Guías sobre la calidad del agua para árboles y enredaderas* (en proceso).

## Monitoreo y administración

- **Minimizar el estrés por agua.** Durante los años de sequía, no imponga un estrés por agua (menos riego) cuando el estrés por salinidad está presente. La combinación de ambos puede ser devastador para el cultivo.
- **Monitorear el suelo.** Monitorear la tierra en la zona de raíces en busca de cambios en la salinidad y concentraciones de boro. Podría requerirse de una acción correctiva si se da un incremento constante con el tiempo.
- **Filtrar (lixiviar) el suelo.** Si la salinidad en la zona de raíces se acerca a niveles en los que se puede dar una reducción de la producción, se requiere de más riego para filtrar las sales de la zona de raíces. Típicamente, si el filtrado se lleva a cabo durante la temporada de lluvia de invierno, por lo general resulta efectivo para filtrar las sales cuando la demanda evaporativa es muy baja y el cultivador puede tomar ventaja del agua de lluvia no salina y de menores cantidades de agua de alta calidad.

Tabla 1. Clasificaciones respecto a la tolerancia a la sal de varios cultivos

<b>Grupos herbáceos</b>			
<b>Sensible</b>	<b>Moderadamente sensible</b>	<b>Moderadamente tolerante</b>	<b>Tolerante</b>
ajonjolí	alcachofa Jerusalén	cártamo	algodón
arroz, arrozal	cacahuates (maní)	flor de Jamaica	avena
	caña de azúcar	girasoles	canola
	crambe	lesquerella	cebada
	garbanzos	sorgo	centeno
	linaza	soya	goma de guar
	maíz	trigo	kenaf
			mijo channel
			remolacha azucarera
			trigo duro
			trigo semi enano
			triticale
<b>Cultivos de pastos y forrajes</b>			
<b>Sensible</b>	<b>Moderadamente sensible</b>	<b>Moderadamente tolerante</b>	<b>Tolerante</b>
chicharo gandul	agrostitis trepador,	agropiro del oeste	agropiro alto
frijol gramo, negro o Urd	alfalfa	agropiro delgado	agropiro crestado
	angleton	agropiro intermedio	alkaligrass, Nuttall
	bohordillo	alpiste	alkali sacaton
	cola de zorro, pradera (Alopecurus)	alpiste rojo	avena (forraje)
	dactylis	avena, estándar y crestada	centeno (forraje)
	eragrostitis	bromus (liso)	centeno silvestre, Altai
	fresa, blanco holandés)	bromus (montaña)	centeno silvestre, ruso
	frijol de carita (forraje)	cebada (forraje)	pasto bermuda
	frijol de Egipto	cebadilla criolla	pasto kallar
	garbanzo silvestre	centeno canadiense	pasto kikuyu
	glicina	centeno rastrero silvestre	pasto sal, desierto
	loto corniculado	festuca [alta, pradera]	
	maíz (forraje)	pasto guinea	
	mijo, cola de zorro	pasto rhodes	
	navajita azul	pasto Sudán	
	pánico azul	raigrás (italiano, perene, Wimmera)	
	pasto avena alto	raps o colza (forraje)	
	pasto buffel	Sesbania	

(continued)

Tabla 1. Clasificaciones respecto a la tolerancia a la sal de varios cultivos (continuación)

Sensible	Moderadamente sensible	Moderadamente tolerante	Tolerante
	pasto burnet	trébol (hubam, dulce)	
	pastomiel	trébol, llantén menor, loto de los prados	
	sesbania	trigo (forraje)	
	siratro	trigo duro (forraje)	
	sphaerophysa		
	trébol (bersim, persa, rojo, fresa)		
	trébol grande		
	trébol (híbrido, bersim, ladino, persa, rojo)		
	vicia		
	vicia faba		
Cultivos de verduras y frutas			
Sensible	Moderadamente sensible	Moderadamente tolerante	Tolerante
cebolla (bulbo)	ajo	alcachofa	acelgas
chícharo gandul pea	berenjena	apio	espárragos
fresas	calabaza bonetera	brócoli	
frijol (común, chino)	calabaza ( <i>pumpkin</i> )	calabaza zucchini	
frijol, gramo, negro o Urd	camote	frijol alado	
hinojo	cebolla (semilla)	frijol de carita	
nabo	chícharo	habas	
zanahoria	chiles	nabo (verdes)	
	coliflor	remolacha o betabel rojo	
	colinabo	verdolaga	
	col rizada		
	espinacas		
	lechuga		
	maíz dulce		
	mandioca		
	melón de almizcle		
	nabo		
	papa		
	pepino		
	quimbombó		
	rábanos		
	repollitos o col de Bruselas		
	repollo		
	sandía		
	tomates		
	tomates cherry		

(continued)

Tabla 1. Clasificaciones respecto a la tolerancia a la sal de varios cultivos (continuación)

Cultivos de madera			
Sensible	Moderadamente sensible	Moderadamente tolerante	Tolerante
aguacate	ciruelo	aceituna	ciruelo jambolán
almendras	granada	azufaifo de la India	ciruelo natal
banana	huaje blanco	coco	guayule
caqui	limón	glicinia escarlata	jojoba
cereza (dulce, arena)	macadamia	guayaba	palmera de dátiles
chabacano	papaya	higo	tamarugo
chirimoya	pecana	piña	
durazno	semilla de ricino	pistacho	
frambuesa	uva		
grosella			
grosella espinosa			
lima			
mandarina naranja; tangerina			
mango			
manzana rose			
manzanas			
maracuyá			
mora de Boysen			
moras			
naranja			
níspero			
nuez de castilla			
pera			
sapote blanco			
toronja			
toronja de pulpa amarilla			

Fuente: Maas and Grattan 1999; Grieve et al. 2012.

Nota: Estos valores sirven solo como guías para niveles de tolerancia relativa entre los cultivos. Una tolerancia absoluta depende del clima, condiciones del suelo y prácticas culturales. La información es aplicable cuando el portainjerto que se utiliza no acumula Na<sup>+</sup> o Cl<sup>-</sup> rápidamente o cuando estos iones no predominan en el suelo.

## Referencias

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. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice no. 71. Reston, VA: American Society of Civil Engineers. 405–459.

Läuchli, A., and S. R. Grattan. 2007. Plant growth and development under salinity stress. In M. A. Jenks, P. A. Hasegawa,

and S. M. Jain, eds., *Advances in molecular breeding towards salinity and drought tolerance*. Dordrecht: Springer-Verlag. 1–31.

Maas, E. V., and S. R. Grattan. 1999. Crop yields as affected by salinity. In R. W. Skaggs and J. van Schilfhaarde, eds., *Agricultural drainage*. Agronomy Monograph 38. Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA. 55–108.



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/](http://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](mailto: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 8630

ISBN-13: 978-1-62711-018-1

Esta publicación es una traducción de *Drought Tip: Crop Salt Tolerance*, ANR Publication 8562, publicada en 2016. 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 procedentes.

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](mailto:jsims@ucanr.edu). Website: [http://ucanr.edu/sites/anrstaff/Diversity/Affirmative\\_Action/](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/](http://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 Anthony O'Geen, editor asociado de ANR para Ciencias del Suelo, Aire y Agua.

web-4/18-LR/BG