Métodos de lucha en zonas áridas y semiáridas

Degradación de suelos en áreas regables

E. Amézketa* **
M. Donézar**



Introducción

La degradación de los suelos debida a las condiciones climáticas y a la acción humana es un problema de primera magnitud a nivel mundial. Dicho deterioro está afectando negativamente a la sostenibilidad y rentabilidad de la agricultura de regadío (reduce la calidad de los suelos y la producción de los cultivos, incrementa los costes de producción, conduce al fracaso de algunas transformaciones en regadío, etc.) y a la calidad del medio ambiente (induce la salinización y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas). Se estima que en España un 3% de los suelos en riego están seriamente afectados por procesos de salinización y sodificación y que un 15% están amenazados. En la cuenca del Ebro, la mitad de la superficie de secano presenta procesos de erosión hídrica acelerada por la actividad agraria y cerca del 30% de los regadíos tienen problemas de salinización y sodificación en distinto grado. También, encuestas realizadas a agentes de extensión agraria y a agricultores ponen de manifiesto que muchos suelos regados presentan problemas serios de encostramiento, compactación y encharcamiento.

- Básicamente, los procesos de degradación de los suelos en zonas áridas y semiáridas se pueden agrupar en:
- Físicos: encostramiento, compactación, erosión
- Químicos: salinización, sodificación, pérdida de fertilidad, contaminación
- Biológicos: disminución de materia orgánica y disminución de la micro y mesofauna

Esta degradación de los suelos se debe a:

- Factores climáticos: la lluvia y el viento no sólo son el origen de la erosión hídrica y eólica sino que, también, pueden favorecer el encostramiento superficial del suelo
- Manejo inapropiado del suelo: intensificación de labores, uso de maquinaria pesada en suelos húmedos, rotaciones inapropiadas de cultivos, etc.
- Manejo inapropiado del riego: falta de atención al efecto de la calidad del agua de riego y de los distintos sistemas de riego

Una de las principales consecuencias es la pérdida parcial o total de la estabilidad estructural de los suelos, lo que supone:

- Reducción de la infiltración del agua en el suelo
- Incremento de la escorrentía superficial del agua y del riesgo de erosión del suelo
- Disminución de las reservas de agua en el suelo
- Anoxia de los cultivos
- Pérdida de fertilizantes y productos fitosanitarios

El resultado final es el descenso de la cosecha y el incremento de los costes de producción de los cultivos, con evidentes efectos negativos en la rentabilidad y en la sostenibilidad de la agricultura así como en la calidad del medio ambiente.

El objetivo principal de este artículo es describir los principales procesos de degradación de los suelos relacionados con el regadío en zonas áridas y semiáridas e indicar los aspectos específicos más habituales para combatirlos.

Principales procesos de degradación

Salinización

Es la acumulación de sales más solubles que el yeso en la solución del suelo, que afecta negativamente al rendimiento de los cultivos. La salinidad del suelo se mide habitualmente a través de la conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada (CEe), que se prepara en laboratorio. Se considera suelo salino aquel que tiene una conductividad eléctrica superior a 4 dS m^{-1}. No obstante es universalmente aceptado que a partir de 2 dS m-1 hay descenso en el rendimiento de cultivos sensibles como muchas hortalizas y frutales debido a los efectos adver-

*Riegos de Navarra, S.A
**Sección de Evaluación de Recursos Agrarios



Campo de maíz con una gran calva producida por la salinidad del suelo. La elevada salinidad del horizonte superficial impide el desarrollo del cultivo

sos de las sales (estrés osmótico, sequía fisiológica, toxicidad). En las zonas con elevado contenido en sales es característica la presencia de calvas ó rodales con escaso o nulo desarrollo de la vegetación ó del cultivo. En dichas zonas se reduce la gama de cultivos posibles, limitándose a variedades tolerantes a salinidad.

En el paisaje de secano existen suelos salinos, donde el material original es rico en sales y/o en depresiones con drenaje natural limitado. Cuando los suelos con sales se ven afectados por el regadío se produce la disolución de dichas sales presentes en el suelo y su redistribución con el agua, pudiendo conducir a la salinización de nuevas áreas (*salinización secundaria*). La causa principal de salinización de los suelos en la agricultura de regadío es la aplicación excesiva de agua de riego en suelos con drenaje limitado. Esta situación conduce a la creación de capas freáticas superficiales que impiden el lavado de sales e inducen el ascenso capilar de agua y sales. En dicha situación la evapotranspiración de los cultivos (ET) conduce a la evapoconcentración de las sales y salinización de la superficie del suelo. También la utilización de aguas de riego con elevados contenidos en sales puede inducir la salinización de los suelos. En definitiva, la salinización de los suelos en la agricultura de regadío dependerá básicamente de la calidad de los suelos puestos en riego, de la calidad del agua de riego, del manejo de éste y de las condiciones de drenaje.

Al problema agrícola se le ha sumado en los últimos años las consideraciones medioambientales, ya que la salinización de suelos puede inducir la salinización de aguas. Así, un manejo inadecuado del regadío (dosis excesivas de riego, etc.) puede provocar la salinización de los flujos de retorno del riego que van a parar a las aguas superficiales, con la posible salinización de ríos, lagunas, etc. Para evitarlo, dichos recursos deben ser manejados de forma integrada.

Sodificación

Es la acumulación de iones sodio (Na) en el suelo (en las posiciones de cambio de las arcillas y materia orgánica), afectando negativamente a la estructura de los suelos e indirectamente a la producción de los cultivos. El parámetro Relación de Adsorción de Sodio (RASe) sirve como índice práctico para evaluar el riesgo de sodificación del suelo. Suelen considerarse suelos sódicos aquellos cuyo RASe es superior a 13, aunque hoy en día se sabe que puede haber serios problemas de degradación física del suelo para valores de RASe inferiores a 13. Dicha acumulación de sodio intercambiable provoca la dispersión química de las arcillas, lo que lleva a una destrucción de la estructura del suelo. Las arcillas dispersas e individualizadas se movilizan con el agua, taponando los poros y reduciendo la permeabilidad de los suelos, con las consiguientes consecuencias negativas como deficiente desarrollo radicular, insuficiente lavado de sales, reducción del rendimiento de los cultivos, aumento de la erosión del suelo, colmatación de drenes, etc. La situación más extrema conduce al abandono de las parcelas al impedir totalmente el desarrollo del cultivo.

Los suelos sódicos son muy difíciles de manejar, especialmente cuando se mojan (lluvia o riego) debido a su gran inestabilidad frente al agua. En la naturaleza se presentan suelos sódicos, fundamentalmente en zonas áridas y semiáridas; sin embargo, la situación más grave se produce cuando la sodificación del suelo es inducida o acelerada por el hombre por un manejo inapropiado del suelo y del agua. En las zonas áridas y semiáridas la sodificación y salinización son procesos muy relacionados entre sí, de forma que la salinización de suelos puede conducir a su sodificación por evapoconcentración de sales. En la cuenca media del Ebro generalmente la sodicidad suele ir asociada a la alcalinidad (valores de pH del suelo superiores a 8). En este sentido hay que añadir que elevados valores de pH inducen también la dispersión química de arcillas, lo que agrava la situación.

Encostramiento

Se trata de un problema serio en muchos regadíos de la cuenca media del Ebro, pues sus suelos son susceptibles a la dispersión química de los coloides del suelo cuando reciben aguas de muy baja concentración de sales como son las llu-

vias o las aguas de riego procedentes de los Pirineos. Esta arcilla dispersada tapona los poros de la superficie del suelo y conduce al encostramiento del mismo. Además, el manejo tradicional que realizan los agricultores, consistente en dejar el suelo desnudo durante meses y realizar un laboreo agresivo para preparar el terreno para la siembra, favorece el sellado de la superficie, que al secarse forma la costra.

El encostramiento y el grado de compacidad de la costra también dependen de factores climáticos, como la lluvia y el viento. Las lluvias después de la siembra, sobre todo si van seguidas de periodos ventosos o con elevada radiación solar, como ocurre en la cuenca media del Ebro, inducen el encostramiento de los suelos. De este modo, se reduce la infiltración del agua en el suelo, se aumenta la escorrentía y la erosión y se reduce la emergencia de las plantas y la producción de los cultivos. Para evitar o reducir las pérdidas de cosecha, los agricultores desencostran mecánicamente el suelo, riegan con mucha frecuencia e incluso resiembran las parcelas, lo que conduce a un incremento de los costes de producción.

Sin embargo, el manejo del riego en suelos susceptibles al encostramiento es especialmente delicado. Interesa no crear excesos de agua a los que pueden ser sensibles ciertas plantas en el momento de la nascencia (por ejemplo, la cebolla) así como evitar a toda costa la consolidación de la costra por secado del suelo. Para evitar esto último, los agricultores aplican varios riegos hasta emergencia. En algunas zonas de la cuenca media del Ebro se ha detectado que esta práctica habitual de regar por inundación frecuentemente hasta nascencia favorece el encostramiento y conduce a costras de mayor grosor que las costras típicas.





Foto izquierda: Parcela de cultivo con un agujero a cierta profundidad. Estos agujeros se originan por sufosión ("piping") en suelos afectados por sodio, al concentrarse la infiltración por discontinuidades naturales (galerías de fauna, etc.) o artificiales (surcos, zanjas). Producen el hundimiento de las parcelas con las consiguientes pérdidas de suelo y el peligro que supone para los agricultores. Foto derecha: Representa una canaleta de riego hundida debido al desmoronamiento del suelo.

Lucha contra la degradación de los suelos regables

Además de las técnicas generales de conservación de suelos como el laboreo de conservación, el acolchado, la rotación de cultivos y la aplicación de materia orgánica, los aspectos específicos en las áreas regables están principalmente relacionados con el manejo del riego y con la calidad del agua de riego.

Manejo apropiado del riego

Para evitar problemas de degradación del suelo hay que prestar especial atención al manejo del riego (método de riego y manejo del agua) y al efecto de la calidad del agua de riego sobre la estabilidad estructural del suelo.

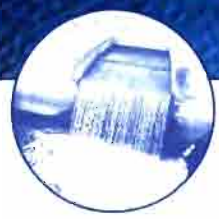
• En el riego por gravedad se recomienda la nivelación frecuente del terreno, cada dos años, ya que así se reduce la escorrentía y la erosión y se incrementa la uniformidad del riego, mejorando por lo tanto la eficiencia en el uso del agua. En ciertos suelos se ha observado que la aplicación de riegos a manta post-siembra y hasta la nascencia del cultivo favorece el encostramiento del suelo, produce costras más gruesas que las típicas, y reduce la emergencia del cultivo, por lo que en ellos se recomienda retrasar los riegos post-siembra hasta después de la nascencia del mismo.

• En el riego por aspersión se recomienda la utilización de sistemas de baja energía cinética para minimizar la ruptura física de los agregados y el encostramiento. Asimismo se recomienda utilizar aspersores de baja pluviometría. Aunque el riego por aspersión sobre suelos desnudos es negativo para la estabilidad estructural de los suelos, su gran ventaja sobre el riego por inundación es que pueden aplicarse riegos ligeros y muy frecuentes que reblandecen la costra y reducen el "encarado" del cultivo.

En cuanto al manejo del agua para evitar ó solventar los proble-



Imagen de una costra superficial estrangulando algunas plántulas de maíz e impidiendo la emergencia de otras. El resultado final es la reducción de la producción del cultivo.



mas de salinización de suelos, cabe mencionar los siguientes aspectos:

- Toda transformación en regadío debe ir acompañada de un estudio previo de aptitud de los suelos y de una evaluación de sus posibles respuestas al riego.
- Se debe evitar los movimientos de tierras, ó cuando éstos sean inevitables aplicar el capaceo para impedir dejar en superficie tierras salinas ó materiales inestables como el "hojaldre" (material originario salino-sódico, laminado horizontalmente con alternancia de capas milimétricas limosas y arcillosas, muy impermeable), etc.
- Determinar y aportar las "necesidades de lavado" de los suelos para controlar su salinidad. La eliminación de las sales en la zona de raíces requiere un ligero lavado de las mismas y para ello es necesario complementar la dosis de riego, de forma que haya una aportación extra de agua que atraviese la zona de enraizamiento y lave de ella las sales. Es lo que se conoce como "necesidades de lavado".
- Evitar ó reducir las posibles filtraciones desde parcelas altas ó sasos, mediante zanjas interceptoras abiertas ó cerradas.
- Mejorar las redes de transporte y distribución de agua (canales, acequias) para reducir las filtraciones de agua.
- Controlar la profundidad de la capa de agua en el suelo, instalando un sistema de drenaje interno si fuera necesario.
- Prever el drenaje de las nuevas zonas de regadío para evacuar adecuadamente las sales lavadas y evitar la salinización de otras áreas, etc. El manejo del riego y del drenaje deben ir asociados, incluso cuando se utilizan aguas de riego de bajo contenido salino.

Prestar atención a la calidad del agua de riego

Tiene un efecto muy importante sobre la estabilidad estructural del suelo y el desarrollo del cultivo. Aguas muy salinas podrían inducir la salinización de suelos y aguas, mientras que aguas muy "puras" (de muy baja concentración de sales) como pueden ser las lluvias o las aguas de riego traídas directamente desde las áreas montañosas pueden inducir en suelos susceptibles la dispersión química de arcillas, con sus consiguientes efectos negativos tales como encostramiento, compactación, reducción de la permeabilidad, anoxia para cultivos, colmatación de drenes etc.

La primera clasificación de calidad de aguas para riego (USDA handbook, 1954) establecía que, para un mismo valor de RAS, al aumentar la concentración de sales del agua de riego (CE_{AR}), aumentaba el riesgo de sodificación del suelo, totalmente opuesto a lo que hoy en día conocemos. En la actualidad dicha clasificación no tiene validez, sin embargo, fue utilizada incluso en la década de los años 80. Ello condujo a la degradación e incluso el abandono de muchos de los suelos transformados en regadío, como es el caso de zonas de la cuenca media del Ebro regadas con aguas procedentes del Pirineo ("muy puras" = sin sales).

Las directrices actuales sobre calidad del agua para riego (FAO, 1985) tienen ya en cuenta el hecho, frecuentemente ignorado, de que aguas de baja CE pueden originar serios problemas de perme-

Cuadro resumen con los parámetros indicadores de salinidad y sodicidad y sus efectos sobre suelo y cultivo

Indicador	Parámetro	Valores umbrales	Clasificación del suelo	Efecto en estructura suelo	Efecto en el cultivo
Salinidad del suelo	CEe	< 2 dS m^{-1} &	No-salino	Despreciable	Prácticamente despreciable
		2-4 dS m^{-1} &	Salino	No tiene efecto	Perjudicial para cultivos sensibles
		4-8 dS m^{-1} &			Graves efectos en la mayoría de los cultivos
		8-16 dS m^{-1} &			Solamente cultivos tolerantes pueden crecer
		> 16 dS m^{-1} &			Muy pocos cultivos pueden desarrollarse
Salinidad del agua de riego	CE_{AR}	Ver Ayers y Westcot (1989)*	---	No efecto	Depende de la CEe resultante (según la fracción de lavado-FL)
Sodicidad del suelo	RASe	>13 $(mmol/l)^{0.5}$	Sódico	Degradación estructura suelo (según CEe)	Toxicidad específica al sodio. Pocos cultivos lo toleran
	PSC#	>15%			
Sodicidad agua riego	RAS_{AR}	Ver Ayers y Westcot (1989)*	---	Depende del RASe resultante	Depende del RASe resultante
Alcalinidad del suelo	pH	>8.5	Alcalino	Degradación del suelo	Daña a los cultivos
Riesgo de degradación estructural	Valor de floculación (VF)	VF> ECe para un det. RASe	Dispersable (inestable)	Degradación estructura suelo	Efecto negativo indirecto sobre los cultivos (i.e., encharcamiento, anoxia)

& Valores umbrales (dS m-1 a 25ºC) adaptados de Soil Survey Division Staff (1993)
*Ver las directrices de calidad de agua para riego relativas a salinización y degradación física del suelo (disminución de la infiltración)
PSC: Porcentaje de sodio de cambio

abilidad en el suelo. No obstante, estas directrices están basadas en la experiencia en suelos y aguas de EEUU y a veces no son adecuadas para otras áreas. En nuestro caso, hay una urgente necesidad de desarrollar directrices sobre calidad de aguas para riego específicas para las diversas condiciones de España.

Los criterios para evaluar la calidad del agua de riego desde el punto de vista del suelo tienen que tener en cuenta que, la estabilidad estructural de suelos depende, entre otros factores, de la salinidad (CE), sodicidad (RAS) y pH de la solución del suelo. Se han desarrollado curvas de estabilidad relacionando la estabilidad del suelo con dichos parámetros. Para un determinado valor de pH y RAS, un suelo se mantendrá estable si la CE de la solución del suelo (CEe) o del agua de riego (CE_{AR}) es superior a un valor umbral, definido como "valor de floculación" (VF). El VF es la mínima concentración de sales requerida para prevenir la dispersión química de arcillas. Este parámetro puede ser usado para predecir el comportamiento de los suelos frente al agua de riego, pero debe ser previamente establecido para cada suelo, ya que depende también de otros factores intrínsecos del suelo como textura, mineralogía de arcillas, contenidos de materia orgánica y óxidos de hierro, etc.

Finalmente, dado que el agua de lluvia prácticamente no tiene sales (CE<0,01 dS/m) puede conducir a la dispersión química de arcillas con sus consecuentes efectos negativos. Los suelos afectados por sodio presentan su comportamiento más negativo frente a la lluvia. Incluso suelos con niveles muy bajos de RASe pueden ser afectados negativamente (degradación física) por la baja CE de la lluvia. Aunque estos suelos se rieguen con aguas de calidad apropiada para evitar su degradación, dicha degradación puede producirse cuando les llueve. Este hecho tiene que ser tenido en cuenta en su manejo.

Por último, dado que la degradación de la calidad de suelos y aguas está interrelacionada, dichos recursos deben ser gestionados de forma íntegra y conjunta.



Aplicación de enmiendas químicas y acondicionadores sintéticos

Estas técnicas son las menos utilizadas debido al desconocimiento del agricultor y al mayor coste económico. Son recomendables en el caso de suelos susceptibles a dispersión química de los coloides del suelo (arcillas y materia orgánica) cuando reciben aguas de muy baja salinidad, como las lluvias o las aguas de riego procedentes de los sistemas montañosos. En concreto se utilizan para prevenir el encostramiento y la erosión en suelos normales y para recuperar suelos sódicos.

Las enmiendas químicas son compuestos que liberan calcio, reduciendo la sodicidad del suelo y aumentando ligeramente la salinidad de la solución del suelo. Estas actuaciones minimizan la dispersión química de arcillas y mantienen el suelo estable. Entre estas enmiendas cabe destacar el yeso y subproductos industriales similares al yeso, como carboyeso, lactoyeso, etc. En el caso de suelos que contienen caliza, se utilizan ácidos o formadores de ácido como el ácido sulfúrico, polisulfuros de calcio, azufre etc. Estos disuelven la caliza liberando calcio. El yeso es el producto más utilizado y se aplica en superficie en dosis de 5 t ha^{-1} para prevenir el encostramiento, y mezclado con el suelo para recuperar suelos sódicos. En este último caso, la dosis depende de la sodicidad y del grosor del horizonte a recuperar.

Los acondicionadores sintéticos son compuestos de cadena larga y elevado peso molecular que actúan como agentes floculantes y cementantes de las partículas del suelo, estabilizando la estructura del suelo. Entre ellos cabe destacar las poliacrilamidas (PAM) y los polisacáridos. Uno de sus atractivos es que requieren dosis muy bajas. Así por ejemplo en el caso de riego por surcos y por aspersión, dosis entre 10-20 kg ha^{-1} de PAM son suficientes para reducir el encostramiento y la erosión.

Como conclusión

Entre los procesos más importantes de degradación de las áreas de regadío se encuentra la salinización y la sodificación de los suelos, muchas veces asociadas a problemas de encharcamiento. La protección de estos suelos pasa por conocer suficientemente el problema y por la búsqueda de las soluciones más adecuadas en cada caso, estableciendo las técnicas de manejo del suelo y del agua que permitan la conservación y la mejora de su calidad. Todas estas consideraciones están incluidas en los documentos preparatorios de la próxima Directiva Europea para la Protección de los Suelos, que además contempla la implantación y el mantenimiento de un Sistema de Vigilancia para hacer el seguimiento de la evolución del problema a lo largo del tiempo.