

# La conservación de suelos: un reto para el regadío aragonés

La degradación de la calidad de los suelos agrícolas es un problema de primera magnitud a nivel mundial. Los procesos fundamentales de degradación del suelo son de tipo físico (encostramiento, compactación, erosión), químico (acidificación, salinización, sodificación, pérdida de la fertilidad, contaminación) y biológico (disminución de la materia orgánica y de la micro y macrofauna). El Departamento de Agricultura de Estados Unidos ha estimado que en dicho país cerca de dos mil millones de hectáreas de suelo sufren procesos de degradación debidos al agua, viento y manejo incorrecto del suelo. En la cuenca del Ebro, entre el 44 y el 67% de las áreas de secano sufren importantes pérdidas de suelo (superiores a 12 toneladas por hectárea y año), y cerca del 30% de los regadíos están degradados por procesos de salinización y sodificación. Un ejemplo extremo de degradación del suelo es el del regadío de Monegros-Flumen (Huesca), donde el 47% de la superficie puesta en regadío en los años 50-60 está en la actualidad seriamente afectada por salinización y/o sodificación de los suelos y el 12% de dicha superficie está prácticamente abandonada.

ESPERANZA AMÉZKETA Y RAMÓN ARAGÜÉS (\*)

**C**ON el objetivo de cuantificar el problema de la degradación de los suelos en Aragón, la Unidad de Suelos y Riegos del Servicio de Investigación Agroalimentaria (DGA) encuestó en 1996 y 1997 a agentes de extensión agraria y agricultores de los principales regadíos aragoneses. Los resultados pusieron de manifiesto que la mayoría de los suelos regados presentan problemas serios de encostramiento, que pueden producir el encaramado de las plántulas, reduciendo la emergencia de los cultivos en un 20-30% y la producción hasta en un 50%. Para evitar o reducir estas pérdidas de cosecha, los agricultores desencostran mecánicamente el suelo, riegan con mucha frecuencia e incluso resiembran las parcelas, lo que en definitiva conduce a un incremento de los costes de producción. Asimismo, otros problemas detectados a través de estas encuestas fueron la compactación y el encharcamiento de los suelos.



**Infiltración.** Medida de la infiltración del agua en el suelo en un campo de alfalfa.

La degradación de la calidad de los suelos es debida a los insuficientes estudios de suelos previos a su transformación en regadío y al manejo inapropiado del regadío (falta de atención al efecto de la calidad del agua de riego y de los sistemas de riego, la ineficiencia de los riegos, la intensificación de labores, el uso de maquinaria pesada en suelos húmedos, las rotaciones de cultivos inapropiadas, etc.). Además, factores climáticos como la lluvia y el viento pueden afectar negativamente a la estabilidad estructural de los suelos y producir el encostramiento y la erosión de los mismos.

En definitiva, la conservación de los suelos es un reto para el regadío aragonés que implica la necesidad de establecer programas de conservación que permitan asegurar la productividad y sostenibilidad de la agricultura de regadío y la preservación de la calidad del medio ambiente. Los objetivos de este artículo son: (1) presentar las principales técnicas de conservación de los suelos; (2) resumir



las actividades de investigación en este tema de la Unidad de Suelos y Riegos (SIA-DGA); y (3) proponer las necesidades futuras de investigación en el área de la conservación de suelos.

### Técnicas para la conservación de los suelos

Antes de detallar las distintas técnicas de conservación de suelos, es importante resaltar que 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. Dichos estudios y análisis son con frecuencia insuficientemente abordados, lo que ha conducido a serios problemas edáficos y, en definitiva, a una rentabilidad cuestionable de las cuantiosas inversiones asociadas a la transformación.

Las técnicas o prácticas agronómicas tendentes a recuperar y/o mantener la calidad del suelo se clasifican en *físicas*, *químicas* y *biológicas*, aunque es evidente que están interrelacionadas. Por lo tanto, la adopción de estas prácticas agronómicas de conservación no debe realizarse de forma aislada sino integrada, teniendo en cuenta las condiciones de clima, suelo, tipo de cultivo y tamaño de explotación entre otros factores ambientales y socioeconómicos.

### Técnicas físicas de conservación de suelos

#### 1. Laboreo de conservación

El laboreo es una técnica fundamental para mantener la calidad y productividad de los suelos. Sin embargo esta técnica se utiliza con frecuencia de forma muy intensiva, lo que puede provocar a medio o largo plazo la pérdida de estabilidad y fertilidad del suelo. Por ello, en las últimas décadas se está tendiendo a utilizar el denominado *laboreo de conservación*, que es menos agresivo para el suelo que el laboreo tradicional. La idea del laboreo de conservación es disminuir las operaciones de labranza y el tráfico de maquinaria sobre las parcelas y mantener al menos el 30%



Costra. Detalle de la costra superficial del suelo estrangulando algunas plántulas e impidiendo la emergencia de otras. Como consecuencia se produce la reducción de la producción del cultivo.

de la superficie del suelo cubierta por los residuos de las cosechas precedentes.

Según la intensidad de trabajo de los aperos y la cantidad de superficie cubierta por los residuos pueden distinguirse distintos tipos de laboreo de conservación: (1) laboreo reducido (labores de hasta 40 cm de profundidad; superficie cubierta del 30%); (2) laboreo bajo cubierta (labores de hasta 15 cm, dos o tres pases como máximo y al menos un 35% de la superficie cubierta); (3) laboreo en franjas (labores de 10-20 cm, solo se altera la franja de siembra, un solo pase, y se cubre con residuos al menos el 50% de la superficie); (4) siembra en caballones (en suelos con problemas de asfixia radicular; al menos el 60% de superficie cubierta); y (5) no laboreo o siembra directa (control químico previo de rebrotes y malas hierbas, suelo alterado únicamente por la labor de siembra y cobertura vegetal del suelo de entre el 70 y el 90%).

En síntesis, el laboreo de conservación (1) aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo superficial; (2) reduce el encostramiento, la compactación y la erosión del suelo; (3) favorece la infiltración del agua en el suelo; (4) reduce la evaporación del agua del suelo; (5) facilita la emergencia de las plántulas y, por lo tanto, favorece la producción de los cultivos; y (6) ahorra maquinaria y tiempo de trabajo. Los principales inconvenientes del laboreo de conservación son: (1) bloqueo del nitrógeno por efecto de los residuos, lo que obliga a incrementar la dosis de este elemento sobre todo en los primeros años, y (2) mayor incidencia de plagas y malas hierbas, lo que obliga a utilizar más agroquímicos.

Es evidente que, además del propio suelo, las condiciones meteorológicas y las características de los cultivos deben asimismo tenerse en cuenta. La humectación y secado rápido del suelo por efecto del viento y de la radiación solar provocan el encostramiento del suelo. Por ello, en los suelos susceptibles a este problema, se recomienda sembrar en «tempero» y retrasar el primer riego hasta después de la nascencia del cultivo. En algunas zonas como los regadíos del canal de Aragón y Cataluña se recomienda adelantar la siembra del maíz como una forma de lucha contra el encarado. Se trata de utilizar variedades tempranas de maíz y adelantar su siembra a abril, cuando las temperaturas y las lluvias son menores que en mayo (mes en que tradicionalmente se siembra el maíz en la cuenca media del Ebro).

El estado de «tempero» es también recomendable para el laboreo, ya que es cuando se requiere menor gasto energético. Por el contrario, no es recomendable el laboreo en condiciones de suelo más húmedas, ya que se produce una compactación del suelo muy negativa para los cultivos.

#### 2. Acolchado

El acolchado o implantación de una cubierta natural o artificial sobre la superficie del suelo protege a éste del impacto de las gotas de agua y del efecto del viento y reduce la ruptura de agregados y el encostramiento y la erosión del suelo.



Entre los sistemas de cubierta natural pueden citarse los cultivos de cobertura o cultivos intercalares. Se utilizan leguminosas, cultivos herbáceos y/o ciertos cereales. Conforme mejor y más tiempo cubran la superficie del suelo, menor será la susceptibilidad de dicho suelo a la degradación física. Entre los sistemas de cubierta artificial, además de los rastrojos del cultivo ya mencionados en el laboreo de conservación, pueden también aplicarse arenas y gravas, papel, subproductos de industrias agrícolas como orujos de uva, cascarillas de arroz, etc.

Además del efecto beneficioso sobre la estructura del suelo, el acolchado actúa también reduciendo la velocidad del flujo del agua (lo que minimiza la escorrentía y la erosión) y la evaporación directa del agua, e incrementa la infiltración del agua en el suelo, lo que en definitiva conduce a un aumento en la eficiencia del uso del agua por los cultivos.

### 3. Sistema de riego

En el riego por inundación se recomienda la nivelación frecuente del terreno (cada dos años), ya que la misma reduce la escorrentía y la erosión e incrementa la uniformidad del riego, mejorando por lo tanto la eficiencia en el uso del agua.

En el riego por aspersión se recomienda la utilización de sistemas de baja energía cinética para minimizar la dis-



**Salinidad.** Aspecto de un campo de cereal con rodales producidos por la salinización del suelo. La elevada salinidad del suelo superficial impide el desarrollo del cultivo.

persión 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.

### Técnicas químicas de conservación de suelos

Las técnicas químicas se utilizan con menos frecuencia que las físicas, debido al desconocimiento del agricultor y al mayor coste económico. La adición al suelo de enmiendas

químicas y acondicionadores de suelo es recomendable en el caso de suelos susceptibles a dispersión química de los coloides del suelo cuando reciben aguas de muy baja salinidad como pueden ser las lluvias o las aguas de riego procedentes de los Pirineos (esto es, la mayor parte de los regadíos aragoneses de la margen izquierda del Ebro). En ambos casos, la ruptura de los agregados y coloides del suelo provoca el sellado superficial del suelo y su encostramiento.

Ésta es la razón por la cual las lluvias después de la siembra, sobre todo si van seguidas de vientos o elevada radiación solar, son muy temidas por los agricultores, ya que pueden reducir drásticamente la emergencia de los cultivos debido al fuerte encostramiento inducido en los suelos. Sin embargo, los riegos con aguas de baja salinidad pueden tener los mismos efectos negativos.

#### 1. Enmiendas químicas

Son compuestos que incrementan ligeramente la salinidad de la solución del suelo y que liberan iones calcio reduciendo la sodicidad del suelo. Ambos mecanismos minimizan la dispersión química de los coloides del suelo (arcillas y materia orgánica) y mantienen el suelo estable. Entre estas enmiendas cabe destacar el yeso, fosfoyeso (subproducto de la fabricación del ácido fosfórico) y carboyeso (subproducto de la desulfuración de los gases de combustión del carbón en las centrales térmicas).

Otros mejorantes que se suelen aplicar son ácidos o formadores de ácidos; de esta forma, en suelos que contienen caliza, compuestos como el azufre, ácido sulfúrico, polisulfuro de calcio, etc. provocan su disolución aumentando el contenido de calcio intercambiable.

En líneas generales, el yeso es el producto más utilizado, aplicándose superficialmente en dosis de unas 3-5 toneladas por hectárea en el caso de prevención del encostramiento y mezclándose con el suelo en dosis que dependen de la sodicidad del mismo en el caso de la recuperación de suelos sódicos.

#### 2. Acondicionadores sintéticos

Son compuestos de cadena larga y elevado peso molecular que, debido a su gran tamaño, pueden ser adsorbidos simultáneamente por varias partículas del suelo. Estos productos actúan por lo tanto como agentes cementantes que unen las partículas del suelo y aumentan la estabilidad estructural de los suelos. Algunos ejemplos de estos compuestos son las poliácridamidas (PAM) y los polisacáridos. Hoy en día existen varias marcas comerciales en el mercado, aunque en general el coste económico de las mismas las hace atractivas únicamente en el caso de productos de alto valor añadido.

### Técnicas biológicas de conservación de suelos

#### 1. Adición de materia orgánica

La adición continuada de materia orgánica al suelo tiene un efecto beneficioso en la conservación de los sue-



los ya que mantiene el suelo en un buen estado de fertilidad, favorece la actividad biológica y mejora la estructura del suelo. Las diferentes formas de aplicar materia orgánica al suelo incluyen: la incorporación de los residuos de los cultivos, la utilización de abonos verdes (leguminosas, crucíferas, etc.), que a la vez actúan como cultivos de cobertura, la adición de fertilizantes orgánicos (estiércol, compost, purín) y la adición de residuos sólidos urbanos (lodos de depuradoras, etc.). La adición de estas enmiendas supone un aumento de la población microbiana, la cual libera unos compuestos llamados polisacáridos que actúan como «pegamento», estabilizando los agregados del suelo. Estas enmiendas suponen también un aumento de la mesofauna del suelo (lombrices), las cuales estabilizan la estructura del suelo al ingerir suelo y mezclarlo con materia orgánica humificada en su interior. Sin embargo, hoy en día existen todavía muchas incógnitas a esclarecer, tales como la cantidad óptima de residuos a dejar en superficie y/o enterrar, el tipo de residuos más apropiado (según la relación C/N), las dosis óptimas de abonos orgánicos, residuos sólidos urbanos, la aplicación en superficie o su incorporación al suelo, etc.

## 2. Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es una práctica muy recomendable, ya que previene la fatiga del suelo y el agotamiento de ciertos nutrientes, mejora la estabilidad de los agregados del suelo y minimiza la propagación de plagas y el desarrollo de malas hierbas. La elección de la rotación dependerá del clima, suelo, medio biológico y condiciones económicas (rentabilidad del cultivo, demanda, etc.). En este sentido, el monocultivo practicado en muchos regadíos aragoneses tiene consecuencias negativas a medio y largo plazo, razón por la cual es importante establecer alternativas de cultivo rentables para el agricultor.

## Actividades de la Unidad de Suelos y Riegos (SIA-DGA) en el Área de la Conservación de Suelos

En los últimos diez años, la Unidad de Suelos y Riegos ha conseguido financiación externa en nueve proyectos de investigación relacionados directa o indirectamente con la conservación de suelos en las siguientes líneas de trabajo: (1) cartografía geo-ambiental de zonas áridas, marginales y problemáticas para el regadío; (2) evaluación de tierras y alternativas de uso del suelo; (3) desarrollo de nuevos métodos de medida de la salinidad del suelo; (4) análisis de la estabilidad estructural de suelos bajo riego; (5) análisis de la calidad de las aguas de riego y su impacto sobre los cultivos y el suelo; (6) realización de balances hidrosalinos y aplicación de modelos hidrosalinos a nivel cuenca y sector de riego; (7) análisis del lavado de nitratos en zonas regables; y (8) utilización del purín porcino como fertilizante agrícola y su impacto ambiental. El catálogo de publicaciones resultantes de estos proyectos puede solicitarse en la dirección que se detalla en este trabajo.

En la actualidad, nuestra Unidad está trabajando en un proyecto financiado por el INIA (Instituto Nacional de Investigación Agroalimentaria) cuyo objetivo fundamental es el estudio de la problemática del encostramiento y encarado en los principales regadíos de Aragón y de las técnicas más apropiadas para su prevención. Entre las actividades que estamos desarrollando se incluye, en primer lugar, la realización de mapas para caracterizar los suelos de Aragón. En esta fase se están cartografiando los suelos de Bardenas I y de Monegros I. Una vez determinados los suelos representativos de estos polígonos de regadío analizamos su comportamiento (estabilidad estructural) tanto en campo como en laboratorio.

Para ello, la Unidad de Suelos y Riegos ha desarrollado técnicas sencillas de medida de estabilidad estructural en laboratorio, así como equipos para dicha medida en campo. Entre estos últimos se ha desarrollado, en colaboración con el Instituto Tecnológico de Aragón, un sistema automatizado para medir la infiltración del agua en el suelo. Nuestra Unidad cuenta asimismo con un *simulador de lluvia* que permite analizar en condiciones controladas el efecto de la lluvia y del riego por aspersión sobre el encostramiento de los suelos, y establecer el efecto preventivo de distintos agentes enmendantes sobre el mismo. Finalmente, disponemos de un taller de micromorfología para el estudio de láminas finas de suelo y de la morfología de las costras.

## Perspectivas futuras: necesidad de investigación y desarrollo

Aunque los fundamentos para la conservación del suelo están bien establecidos, su aplicación práctica exige su adaptación a las características propias de nuestros sistemas agrarios. En este sentido, los mayores desafíos específicos que deben contemplarse en un programa de investigación y desarrollo para la conservación de nuestros suelos son: (1) la identificación de los suelos, sistemas de uso, fuentes de nutrientes y cultivos más adecuados; (2) el desarrollo de sistemas específicos de manejo del suelo y, en particular, de técnicas de laboreo de conservación; (3) el desarrollo de prácticas viables de rotación de cultivos y de cultivos de cobertura; (4) la planificación integrada de la fertilización mineral y orgánica del suelo; (5) el desarrollo de técnicas de control biológico para combatir plagas y malas hierbas; (6) la determinación de las dosis, formas y épocas de aplicación óptimas de enmiendas físicas, químicas y biológicas; (7) la manipulación de la microfauna y mesofauna (lombrices) estabilizante del suelo; (8) la manipulación de los microorganismos descontaminantes del suelo; y (9) el desarrollo y aplicación de técnicas sencillas de laboratorio capaces de predecir la estabilidad estructural de los suelos en condiciones de campo.

(\*) UNIDAD DE SUELOS Y RIEGOS (SIA-DGA).

APARTADO 727, 50080 ZARAGOZA.

ESPE@AMEZKETA.NET - RARAGUES@ARAGOB.ES