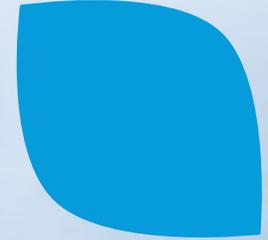


DRENAJE + LIXIVIACIÓN

Buenas Prácticas Agrícolas para evitar la contaminación de las aguas por productos fitosanitarios a través de Lixiviación y Drenaje



TOPPS
Water Protection



Sobre TOPPS

TOPPS "Train Operators to Promote best management Practices & Sustainability".

Los proyectos TOPPS se iniciaron en 2005 con un proyecto cofinanciado por ECPA y la UE, dentro del marco de los proyectos EU-Life, con el fin de reducir las pérdidas de productos fitosanitarios al agua por fuentes puntuales.

En las siguientes fases del proyecto TOPPS, desde 2008, se han extendido a más países (en 23 países) y se ha ampliado el alcance del proyecto para abordar también la reducción de las fuentes difusas (deriva y escorrentía) en siete países. TOPPS water protection (2015 a 2018) ahora ofrece un amplio conjunto de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que cubren las vías de entrada al agua de productos fitosanitarios a través de fuentes difusas. Con la última parte de las Buenas Prácticas Agrícolas para reducir la contaminación del agua a través del drenaje y la lixiviación, TOPPS ofrece un marco completo de recomendaciones prácticas para mitigar el riesgo de pérdidas de materias activas tanto en aguas subterráneas como en superficiales. Aspectos como la pulverización, la optimización y mejora de las infraestructuras también se incluyen en el contexto de su potencial para reducir el riesgo de contaminación del agua a través de las pérdidas de productos fitosanitarios.

Se puede encontrar más información en las siguientes direcciones web

www.TOPPS-life.org

www.proyectotopps.es (sitio web en español)

www.TOPPS-drift.org (herramienta en línea para el riesgo de deriva)

www.TOPPS-eos.org (herramienta educativa para la optimización de las aplicaciones)

Los proyectos TOPPS desarrollan y recomiendan BPA elaboradas por un conjunto con expertos europeos y tiene como objetivo capacitar a asesores y agricultores a establecer unas prácticas de manejo apropiadas, para reducir la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Autores:

Brown, Colin; York University UK
Dyson, Jeremy; Syngenta, Basel CH
Ferrero, Aldo; University of Turin IT
González Sánchez, Emilio J., Universidad de Córdoba, ES
Kubiak, Roland; RLP Agrosience DE
Laabs, Volker; BASF, Limburgerhof DE
Marks-Perreau, Jonathan; Arvalis, Boigneville FR
Real, Benoît; Arvalis, Boigneville FR
Roettele, Manfred; BetterDecisions DE
Román Vázquez, Julio, Universidad de Córdoba, ES
Sur, Robin; Bayer, Monheim DE
Trapp, Matthias; RLP Agrosience DE

TOPPS water protection – Socios 2015–2018

European Crop Protection Association (ECPA)
E. Van Nieuwenhuyselaan 6, 1160 Brussels, Belgium; www.ecpa.be
junto a las asociaciones nacionales

Alemania :
Industrieverband Agrar e. V.; 60329 Frankfurt am Main.

Bélgica:
Inagro vzw, B8800 Rumbeke-Beitem

Eslovaquia:
AgroInstitute Nitra; Water Res. Inst, Bratislava.
Soil Science Inst. Bratislava. Profesional servis s.r.o. ; 935 87 Santovka.

España:
Universidad Politècnica de Catalunya – Consorci Escola Industrial de Barcelona; 08036 Barcelona.
Universidad de Córdoba, Dept. Ingeniería Rural; 14014 Córdoba.

Francia:
Arvalis Inst. du vegetal, FR 91720 Boigneville.
Institut Français de la Vigne et du Vin, 34196 Montpellier.

Grecia:
Department of Agriculture, Crop Production and Rural Environment
University of Thessaly, Volos.

Holanda:
Toolbox consortium / Nefyto, Den Haag.

Hungría:
Peter Laszlo, Budapest.

Italia:
Dipartimento di Scienze Agrarie Forestali e Alimentari
Universita' degli Studi di Torino; 10095 Grugliasco (TO), Dipartimento di
Scienze Agrarie Forestali e Alimentari – DISAFA.
ULF – Meccanica Agraria
Laboratorio Crop Protection Technology, 10095 Grugliasco (TO)

Polonia:
Inhort, Research Institut Horticulture, Skierniewice.

Portugal:
Confederação dos Agricultores de Portugal, Lisbon.
Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Crédito Agrícola
de Portugal, Lisbon

Rumanía:
USAMV Cluj-Napoca, Department Soil Technical Sciences and Soil Sciences;
Cluj-Napoca

Imágenes:

Las imágenes no referenciadas son originales de los socios del Proyecto
TOPPS

Contenido

Prólogo	10
Introducción	12
INFORMACIÓN BÁSICA ACERCA DEL DRENAJE Y LA LIXIVIACIÓN	14
1 Términos y definiciones	14
a) El perfil del suelo	14
b) Textura y estructura del suelo	15
c) Porosidad	16
d) Materia orgánica	16
e) El agua en el suelo	17
2 Factores que afectan a la movilidad de las materias activas en el suelo	19
a) Propiedades de las sustancias	19
b) Condiciones climáticas y del suelo	21
3 Aspectos legales sobre la protección de las aguas	24
a) Valores límite de fitosanitarios para las aguas de consumo y las subterráneas	24
b) Valores límite para las aguas superficiales	25

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) PARA EVITAR

LA TRANSFERENCIA DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS POR DRENAJE 26

1 Aspectos clave de los sistemas de drenaje 26

a) Introducción 26

b) Sistemas de drenaje 27

c) Consideraciones 29

2 Diagnóstico de riesgos 30

3 Elaboración de las BPA mediante la relación entre el diagnóstico del riesgo con medidas propuestas. 32

Medidas (BPA) en relación al drenaje 34

1. Controlar el momento de aplicación 34

2. Reducir el volumen de caldo en la aplicación 34

a) Reducción la dosis de materia activa aplicada (a través de la mezcla de los productos) 34

b) Reducción de la dosis de aplicación mediante aplicaciones divididas 36

c) Reducción de la dosis de aplicación a través de la aplicación localizada 36

d) Reducción de la dosis de aplicación a través del tratamiento de las semillas 37

3. Optimizar la selección de productos fitosanitarios y la rotación en la cuenca 38

a) Rotación de materias activas a nivel de cuenca 38

b) Selección de materias activas/Restricción de su uso en las zonas vulnerables 39

4. Optimizar la rotación de cultivos 40

5. Adaptar las prácticas de cultivo 41

6. Utilizar cultivos cubierta 41

a) Los cultivos cubierta deben encajar en el manejo 42

b) Los cultivos cubierta son solo beneficiosos cuando están bien establecidos 42

c) Necesidad de manejar los cultivos cubierta 42

d) Los cultivos cubierta no deben interferir con los cultivos principales 42

7. Optimizar el funcionamiento de los drenajes 45

8. Usar estructuras de retención de aguas 46

9. Optimizar las prácticas de riego 48

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA REDUCIR LA LIXIVIACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS	50
1 Factores clave en la lixiviación de materias activas	50
2 Diagnóstico de riesgos	51
3 Elaboración de las BPA mediante la relación entre el diagnóstico del riesgo con medidas propuestas.	53
4 Medidas para evitar la Lixiviación (BPA)	54
1. Controlar el momento de aplicación	54
2. Reducir el volumen de caldo en la aplicación	54
a) Reducción la dosis de materia activa aplicada (a través de la mezcla de los productos)	54
b) Reducción de la dosis de aplicación mediante aplicaciones divididas	56
c) Reducción de la dosis de aplicación a través de la aplicación localizada	56
d) Reducción de la dosis de aplicación a través del tratamiento de las semillas	57
3. Optimizar la selección de productos fitosanitarios y la rotación en la cuenca	59
a) Rotación de materias activas a nivel de explotación	59
b) Rotación de materias activas a nivel de cuenca	59
c) Selección de materias activas/Restricción de su uso en las zonas vulnerables	60
4. Optimizar la rotación de cultivos	61
5. Adaptar las prácticas de cultivo	62
6. Utilizar cultivos cubierta	63
a) Los cultivos cubierta deben encajar en el manejo	63
b) Los cultivos cubierta son solo beneficiosos cuando están bien establecidos	63
c) Necesidad de manejar los cultivos cubierta	63
d) Los cultivos cubierta no deben interferir con los cultivos principales	63
7. Optimizar las prácticas de riego	65
Glossario	66
Referencias	70

PRÓLOGO

La Asociación Europea para la Protección de las Plantas (ECPA) considera la protección del agua como un pilar clave de su trabajo y está decidida promover una mejora continua del uso de los productos fitosanitarios con para promover una agricultura sostenible y productiva.

Por lo tanto, se está llevando a cabo un plan de acción, junto con nuestras propias asociaciones nacionales y un amplio grupo de socios internacionales, con el objetivo de desarrollar y promover una serie de recomendaciones y medidas, apoyado en el desarrollo materiales de formación que garantice la protección de las aguas y que se logre un amplio consenso sobre las medidas recomendadas (denominadas Buenas Prácticas Agrícolas - BPA).

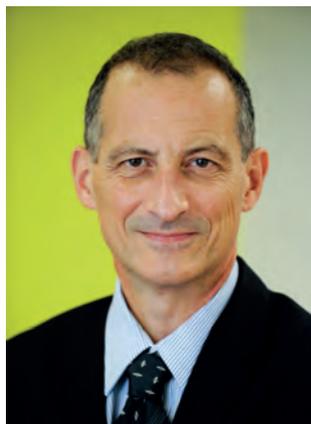
Este esfuerzo de colaboración para construir y mejorar las herramientas disponibles para la protección del agua, encaja muy estrechamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, que se han convertido en una referencia mundial para impulsar el desarrollo humano sostenible, y con los objetivos contenidos en la legislación pertinente de la UE, como la Directiva Marco del Agua (DMA) y la Directiva sobre el Uso Sostenible de los Plaguicidas (DSP). Este esfuerzo ha dado como resultado los proyectos TOPPS, que ya llevan más de 12 años en marcha.

La primera fase del proyecto se puso en marcha en 2005 en 15 países de la UE y se centró en la reducción de las fuentes puntuales (como las prácticas inadecuadas de limpieza de equipos), y fue cofinanciado en un 50% por el programa EU-Life. Las fases en curso del proyecto TOPPS, en el que participan varios socios, han ampliado el trabajo a 23 países y han aumentado las BPA, las herramientas de diagnóstico y los materiales de formación disponibles más allá de las fuentes puntuales. Ahora también cubren las principales rutas de transferencia de productos a las aguas por fuentes difusas (principalmente la deriva y la escorrentía/erosión).

Estas BPA se complementan ahora con este folleto sobre cómo reducir las pérdidas de productos por drenaje y lixiviación. Por lo tanto, se ofrece ahora un marco práctico completo de recomendaciones para ayudar a proteger las aguas subterráneas y superficiales.

El enfoque de los proyectos TOPPS pretende abordar el proceso de protección de los cultivos y concienciar sobre el cómo reducir las de producto hacia el de agua a través del comportamiento adecuado del operador y de la optimización de la maquinaria de aplicación y las infraestructuras. Desde ECPA esperamos que este conjunto de medidas sea utilizado como base para informar, formar y capacitar a los operadores, asesores y partes involucradas, tanto en los aspectos teóricos como en los prácticos. ECPA está comprometida a promover la implementación de estas BPA.

Me gustaría agradecer a todos los socios y expertos por sus grandes esfuerzos y contribuciones a los proyectos TOPPS, tanto en términos de conocimientos técnicos que han aportado como de su voluntad de trabajar juntos para lograr nuestro objetivo común de proteger el agua. También espero que estas BPA ayudaren a despertar el entusiasmo que se necesitará para implementar "en el terreno" y ayudar a crear conciencia y difundir el conocimiento necesario para un uso sostenible de los plaguicidas y promover un alto nivel de protección del agua.



JEAN-PHILIPPE AZOULAY

Director General
European Crop Protection Association
Bruselas, Bélgica



PRÓLOGO

La Asociación Española para la Protección de las Plantas (AEPLA) ha colaborado y colaborará activamente en esta iniciativa, en línea con nuestra Asociación Europea (ECPA), con nuestros aliados, los expertos de las Universidades de Córdoba y Politécnica de Cataluña y con nuestras propias empresas asociadas.

En España, como país mediterráneo con períodos de sequías recurrentes, todos los que trabajamos en el medio agrario sabemos lo importante que es el agua (no sólo la del cielo, sino las aguas superficiales o subterráneas) por el valor que aporta a la producción de alimentos en los cultivos de regadío, y, también, por cuidar de un bien crítico para otros sectores productivos o de consumo humano.

De ahí la importancia de su cuidado y de minimizar el impacto del uso de fitosanitarios para encontrar el equilibrio entre protección de los cultivos y protección del medio ambiente, en este caso el agua.

Las anteriores fases del proyecto TOPPS, enfocadas en las fuentes de riesgo puntuales y difusas: deriva (tremendamente importante en cultivos leñosos) y escorrentía-erosión (esta última muy importante en nuestras condiciones climáticas, de cultivo y de suelos) permitieron incorporar sus Buenas Prácticas al Real Decreto de Uso Sostenible de Fitosanitarios y progresivamente a los Cursos de Formación de asesores y de aplicadores de fitosanitarios.

Bienvenida, por tanto, la nueva fase. Enhorabuena al equipo de la Universidad de Córdoba por su apoyo e implicación en esta fase, que es, si cabe, más compleja, por menos evidente y por ello lo que supone para la demostración de sus beneficios y para la concienciación de los usuarios.



CARLOS PALOMAR

Director General AEPLA



Introducción

La lixiviación es el proceso por el cual las materias activas de los productos fitosanitarios se mueven junto al agua a través del perfil del suelo. En este documento distingue dos términos por los cuales los produce este movimiento del flujo de agua, lixiviación y drenaje. El drenaje hace referencia al movimiento de agua subsuperficial y se conecta con masas de agua superficiales, mientras que, en la lixiviación, el movimiento es hacia aguas subterráneas. El flujo de agua a través del perfil del suelo transporta nutrientes y fertilizantes hacia las aguas superficiales y subterráneas, lo que puede producir problemas de contaminación de agua si no se maneja adecuadamente. El objetivo de este documento es proporcionar información sobre las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para minimizar la contaminación del agua, reduciendo el movimiento de materias activas de productos fitosanitarios por drenaje y lixiviación. Este documento también puede utilizarse para reducir el movimiento de nutrientes y fertilizantes del suelo hacia las aguas superficiales y subterráneas.

Para que el uso de los productos fitosanitarios sea aceptado por la sociedad en general, es necesario que ofrezcan sus beneficios de forma segura. En lo referente al drenaje y la lixiviación, esto significa que los niveles de materias activas en aguas superficiales o subterráneas deben ser aceptables. Gracias a los estrictos procedimientos de registro de los plaguicidas en la UE, se garantiza que así sea en la mayoría de los casos. Por ejemplo, la aprobación de los escenarios de evaluación de riesgos de los modelos EU FOCUS demuestra que los niveles no aceptables de productos fitosanitarios en las aguas superficiales o subterráneas tienen una baja probabilidad de que se produzcan debido al transporte de drenaje y lixiviación. Sin embargo, a veces de manera excepcional, se producen concentraciones superiores a los niveles establecidos debido a drenaje y lixiviación para un número limitado de materias activas. Esto es debido a que el manejo de estos productos no se hace acorde a las características del suelo y a las condiciones climáticas de la zona, así como por las prácticas de manejo en el campo. Por lo tanto, las BPA sobre el uso de plaguicidas en este documento están destinadas a ser utilizadas como herramientas para gestión del riesgo de encontrar niveles de materias activas superiores a los umbrales permitidos en aguas superficiales o subterráneas. Por lo tanto, este libro debe ser usado como guía para elaborar consejos prácticos con el fin de reducir y prevenir concentraciones inaceptables de productos fitosanitarios en el agua debido al drenaje y lixiviación.

Por el contrario, algunas BPA con un carácter más agronómico (por ejemplo, los cultivos cubiertos, cubiertas vegetales en leñosos y la rotación de cultivos) en este documento pueden utilizarse de forma proactiva, ya que forman parte del asesoramiento general sobre el uso de técnicas para conseguir una agricultura sostenible, al igual que las Buenas Prácticas TOPPS para reducir la deriva y la escorrentía. Estas BPA son aplicables a todos los productos fitosanitarios (Ref. 1: www.proyectotopps.es /www.TOPPS-life.org). Uno de los objetivos de este documento, por tanto, es concienciar a toda la población relacionada con el mundo agrícola (agricultores, técnicos, administraciones, ...) sobre la importancia de apoyar el uso de medidas que favorezcan la reducción de la contaminación de las aguas por drenaje o lixiviación, a través de la aplicación de métodos prácticos de diagnóstico de riesgos y uso de medidas adecuadas de control que beneficie a agricultores, al medio ambiente y a la sociedad.



INFORMACIÓN BÁSICA ACERCA DE LA LIXIVIACIÓN Y EL DRENAJE - BPA

1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

a) El perfil del suelo

El perfil del suelo representa el desarrollo vertical del mismo desde la superficie hasta el material geológico subyacente, rocas sólidas o material geológico no consolidado. El desarrollo del perfil del suelo da como resultado un conjunto de horizontes más o menos distintos, que es un reflejo de cómo las propiedades del suelo varían

en profundidad. Estas propiedades determinan el comportamiento y las características de los diferentes tipos de suelos, por ejemplo, cómo fluye el agua, la capacidad de retener los productos aportados al suelo, así como la variación de los niveles de actividad microbiana (que es un indicador de la capacidad de descomponer productos químicos orgánicos como los pesticidas), y su potencial para la productividad de los cultivos.

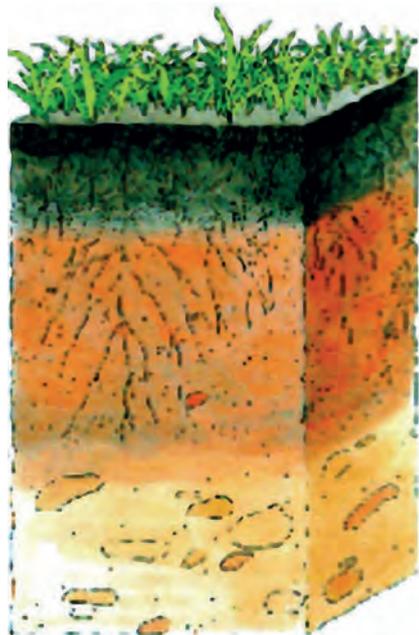


Figura 1: Perfil típico del suelo (Ref. 2)

HORIZONTE A:

Es la capa donde se desarrollan los cultivos, y se caracteriza por la acumulación de materia orgánica, por lo que suele ser más oscura que las capas inferiores. En los suelos agrícolas, este horizonte es a menudo perturbado a través de prácticas mecánicas de manejo del suelo (arado).

HORIZONTE B:

También llamado horizonte aluvial, debido al movimiento y acumulación de material desde la capa superior del suelo, como arcillas y óxidos metálicos, o incluso materia orgánica. Los niveles de actividad biológica son generalmente más bajos que en la capa superior del suelo, y contiene menos de la mitad de materia orgánica que el Horizonte A. Asimismo, la actividad biológica de este Horizonte es menor, ya que alberga menos lombrices y el desarrollo de las raíces de las plantas en el mismo es menor. Por otro lado, tampoco está sujeto a operaciones agrícolas, a menos que tenga un drenaje subterráneo instalado.

HORIZONTE C:

Se trata de la zona de transición entre el suelo y el material geológico, compuesto en gran medida por material geológico erosionado, con una actividad biológica y un contenido de materia orgánica que suele descender aún más en comparación con el horizonte B. El horizonte C se superpone a un lecho rocoso inalterado o a depósitos geológicos.

b) Textura y estructura del suelo

La distribución por tamaño de las partículas minerales del suelo (arcilla: $<2 \mu\text{m}$ de diámetro; Limo: $2-63 \mu\text{m}$; Arena: $63-2000 \mu\text{m}$) determina la textura del suelo, que se puede clasificar según distinta terminología (ver figura 2). La textura del suelo es una de las propiedades más estables y resulta un índice útil para conocer otras propiedades que determinan el potencial agrícola de un suelo, en particular su capacidad de retención de agua y su permeabilidad, lo que afecta al movimiento de agua a través del suelo.

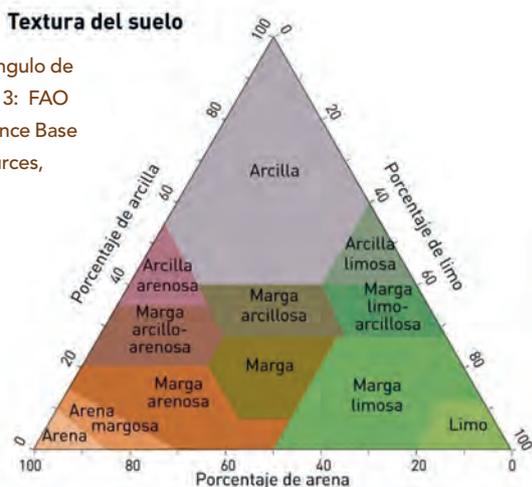


Figura 2: Triángulo de texturas (Ref. 3: FAO World Reference Base for Soil Resources, 2014)

La permeabilidad del agua en el suelo, está fuertemente afectada por la estructura del mismo – la forma en la que las partículas del suelo se agrupan- ya que, en función de la unión de los agregados del suelo, el tamaño y número de poros varía. Esta unión de partículas se ve influenciada en gran medida por la textura del suelo y la cantidad de materia orgánica que posee. Se pueden diferenciar distintos tipos de estructura del suelo (ver figura 3) y relacionarla con el movimiento de agua y aire a través del mismo, la actividad biológica y el crecimiento radicular.

Los principales tipos de estructura son:

Estructura granular y migajosa

Son partículas individuales de arena, limo y arcilla agrupadas en granos pequeños casi esféricos. El agua circula muy fácilmente a través de esos suelos. Por lo general, se encuentran en el horizonte A del perfil del suelo.

Estructuras en bloques

Son partículas de suelo que se agrupan en bloques casi cuadrados o angulares con los bordes más o menos pronunciados. Los bloques relativamente grandes indican que el suelo puede restringir el movimiento de agua si no existen grietas lo suficientemente grandes. Suelen encontrarse en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla.

Estructura prismática y columnar

Comprenden partículas que forman columnas verticales de agregados de 1 a 10 cm de longitud, separadas por estrechas grietas verticales. Este tipo de estructura se encuentra fácilmente en el Horizonte B con acumulación de arcilla en áreas áridas. Ofrecen resistencia al flujo del agua a través del suelo, a menos que existan suficientes grietas entre los agregados.

Estructura laminar

Este tipo de estructura se compone de partículas de suelo agregadas en láminas o capas finas que se acumulan horizontalmente una sobre otra. La estructura laminar del suelo, dificulta el movimiento del agua y el crecimiento adecuado de las raíces. Normalmente se encuentra en la superficie del suelo, tras fuertes lluvias y formando costra superficial (sedimentación). Esto se debe a la erosión producida en zonas agrícolas en las que se labra el suelo y poseen, además, un alto grado de compactación.

Los suelos sin agregación visible se denominan o de grano único, en su mayoría arenosos, o masivos, en su mayoría arcillosos.

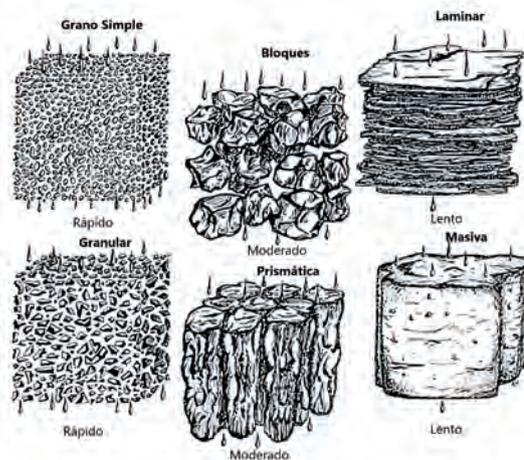


Figura 3: Tipos de estructura de suelo y capacidad de movimiento del agua a través del mismo. (Ref. 4)

c) Porosidad

De manera similar a la distribución en tamaño de las partículas, el de los poros del suelo varía, y se clasifica en función del volumen de los mismos y su dinámica en el suelo, principalmente atendiendo a parámetros de movimiento de agua. Diferentes tamaños de poro en el suelo, facilitan la disponibilidad de agua para las plantas, la lixiviación por gravedad o el almacenamiento de agua (ver tabla 1):

Los grandes macroporos (>50 μm) son grandes poros formados por grietas entre los agregados del suelo, los canales de las lombrices y las raíces descompuestas de las plantas; el flujo de agua en estos poros es rápido debido a la gravedad. Estos poros, facilitan la aireación y la penetración de las raíces de las plantas.

Los macroporos finos (10 a 50 μm) aparecen dentro y entre los agregados del suelo; gran parte del flujo de agua y de la aireación en los suelos tiene lugar a través de estos poros. Almacenan agua para plantas y organismos vivos. El movimiento de agua en estos es lento.

Los poros medios (0,2 a 10 μm) se encuentran dentro de los agregados del suelo, estando asociados con el almacenamiento de agua disponible para las plantas. Estos poros pueden contener raíces laterales de plantas, hifas fúngicas y microorganismos.

Los microporos (<0,2 μm) se asocian principalmente con partículas de arcilla o materia orgánica altamente humificada. Contienen agua que generalmente no está disponible para plantas y microorganismos, debido a las fuertes fuerzas capilares que retienen el agua dentro de estos poros de pequeño tamaño.

d) Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo son los restos en descomposición de plantas y animales, así como la materia humificada que se encuentra en todo el perfil del suelo. Generalmente se concentra en la capa superficial y disminuye en profundidad. La materia orgánica del suelo es clave para la salud del mismo. Químicamente, almacena carbono orgánico y nutrientes, liberándolos cuando se mineralizan. Asimismo, estimula la actividad biológica en el suelo. El contenido de materia orgánica, afecta la estructura, la permeabilidad y la capacidad de retención de agua (la materia orgánica puede acumular aproximadamente 20 veces su peso en agua), por lo que influye en gran medida en el almacenamiento de agua y su movimiento a través de los suelos. Por lo tanto, un buen manejo del suelo en el que se aumente el contenido de materia orgánica se considera un factor clave para la realización de una agricultura sostenible.

Tabla 1: Tipos de poros del suelo, movimiento del agua y disponibilidad para las plantas (Ref. 5)

Clasificación de los poros	Grandes macroporos	Macroporos finos	Poros medios	microporos
Diámetro en μm	> 50	50 to 10	10 to 0.2	< 0.2
Potencial matricial (pF) ¹	< 1.8	1.8 to 2.5	2.5 to 4.2	> 4.2
Relación agua - poro	Movimiento rápido	Movimiento lento	Disponible para las plantas	No disponible para las plantas
	Volumen total del poro			
	Agua con movimiento por gravedad		Agua retenida	
	Capacidad de almacenamiento de aire	Agua disponible para la planta		Agua bloqueada
		Capacidad de retención de agua		

¹ tensión hídrica (log cm presión de agua)

e) El agua en el suelo

El almacenamiento de agua en el suelo depende de la distribución del tamaño de los poros y, por lo tanto está, en gran medida, relacionado con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica (véase la figura 4). En un suelo saturado, todos los poros están llenos de agua, pero tras 1- 3 días, toda el agua que se mueve debido a la gravedad se drena, dejando el suelo a capacidad de campo. A continuación, las plantas extraen agua a través de los poros capilares (macroporos finos + poros medios). Cuando las plantas absorben toda el agua disponible, el suelo se encuentra entonces en el punto de marchitamiento y sin aportes de agua, las plantas morirán. El agua disponible para las plantas se define como la diferencia entre el contenido de agua del suelo a la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. (ver Tabla 1). La tensión de humedad del suelo derivada de la distribución del tamaño de los poros en los suelos puede medirse y se expresa como potencial matricial (pF).

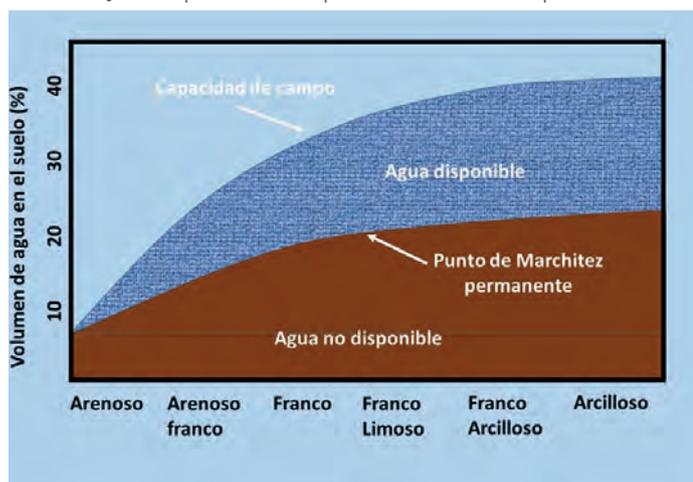


Figura 4: Almacenamiento de agua en el suelo y la disponibilidad de agua para la planta depende, en gran medida, de la textura del suelo (Ref. 6)

El agua bloqueada está, en gran parte, ligada a los microporos y no puede ser ni extraída por las plantas ni filtrarse hacia capas inferiores del suelo. Este volumen de agua es mayor en los suelos arcillosos, ya que son los que tienen más cantidad de microporos. Sólo una parte del agua de la fracción de agua disponible de la planta puede moverse hacia abajo en el perfil del suelo (macroporos finos). El con-

tenido de materia orgánica también influye en el almacenamiento de agua en los suelos, principalmente a través de la unión del agua a las partículas de materia orgánica y un mayor volumen de poros del suelo debido a la mayor cantidad de agregados del suelo.

Con todas estas variaciones en el perfil del suelo, debido a las diferencias en textura, estructura y materia orgánica, no es extraño que el **movimiento de agua en el suelo** sea muy variable. En términos generales, estas variaciones pueden caracterizarse atendiendo a tres características:

En primer lugar, la **profundidad media** a la que el agua llega en el perfil del suelo por mm de precipitación (o riego) y que se debe, principalmente, a la textura del suelo. Para estimar este espesor, se relaciona comúnmente la cantidad de agua retenida en el suelo a la capacidad de campo (capacidad de retención de agua) definida como mm de agua/cm de profundidad del suelo. La capacidad de campo de un suelo debe estimarse al menos hasta la profundidad de 1 m, o hasta la profundidad de una capa que restrinja sensiblemente este movimiento (suela de labor), o el nivel de drenaje subterráneo, o la capa freática. La capacidad de campo s generalmente aumenta en suelos de textura gruesa a fina (Tabla 2). Los actividad agrícola pueden influir en la capacidad de retención de agua de los suelos a través de las prácticas de labranza, el enriquecimiento de la materia orgánica, la descompactación del suelo y el sistema de manejo cultivo. Como para todas las propiedades del suelo, la capacidad de retención de agua puede variar entre puntos cercanos, incluso en una misma parcela, por lo que es importante realizar mediciones en varios puntos. En los paneles de evaluación de riesgo, consideramos que los suelos con una capacidad de retención de agua >150 mm (dentro de una profundidad de suelo de 1 m) presentan un menor riesgo de drenaje o de transferencia de contaminantes por lixiviación (debido a su alta capacidad de almacenamiento de agua).

Por lo tanto, es importante lograr una estimación adecuada de la capacidad de retención de agua del suelo en las explotaciones.

En segundo lugar, el movimiento del flujo de agua muestra una gran **variabilidad espacial en los perfiles del suelo**. El flujo de agua se dispersa en el suelo debido a la variabilidad de tamaños de poros que existen en el perfil. En parte, esto está relacionado con la textura del suelo, ya que con

suelos arenosos se muestran menos dispersión que los suelos arcillosos. Esto se debe al hecho de que los suelos arcillosos texturizados forman agregados estructurales mayores con poros más grandes entre ellos, mientras que dentro de los agregados dominan los pequeños poros entre las partículas de arcilla. Todos estos macroporos, se asocian creando una vía de movimiento preferencial de agua en el suelo que evita el paso a través de los agregados (véase la Fig. 7). La presencia y densidad de macroporos en el suelo es, por lo tanto, un factor clave para un movimiento potencialmente rápido de las materias activas a través del perfil del suelo y, por lo tanto, se consideran un elemento clave en la evaluación del drenaje de los productos fitosanitarios y el riesgo de lixiviación (véanse los paneles de evaluación en las secciones sobre el drenaje y la lixiviación).

En tercer lugar, **los patrones de precipitación y el riego** son importantes para el drenaje y la lixiviación de los fitosanitarios, ya que determinan cuándo se produce el flujo descendente de agua en el suelo durante el año. Los principales períodos de flujo de agua están relacionados con el balance hídrico del suelo, como se muestra en la Figura 5. El movimiento neto hacia capas inferiores del agua ocurre cuando la precipitación excede la evapotranspiración.

TEXTURA DEL SUELO	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA	AGUA DISPONIBLE PARA LA PLANTA
Arena	1.0	0.5
Franco arenoso	1.2	0.7
Arenoso franco	1.8	1.0
Franco	2.8	1.4
Limoso franco	3.1	2.0
Limoso	3.0	2.4
Franco areno arcilloso	2.7	1.0
Franco arcilloso	3.6	1.4
Franco limo arcilloso	3.8	1.7
Limo arcilloso	4.1	1.4
Areno arcilloso	3.6	1.1
Arcilloso	4.2	1.2

Tabla 2: Almacenamiento de agua (mm/cm de profundidad del suelo) para diferentes tipos de texturas.* (Figuras y porcentajes para suelos con un contenido 2.5% de materia orgánica, según la clasificación de texturas del suelo de USDA; Ref. 7)

Atendiendo a la figura 5, el período de recarga comprende desde noviembre hasta abril, aunque los aportes de agua por precipitación (o riego) son mayores en el periodo estival. Por lo tanto, los meses de invierno y los primeros meses de primavera son los momentos en que la mayor parte del agua y, por lo tanto, también las cantidades de plaguicidas se trasladan a los sistemas de drenaje y a las aguas subterráneas. En general, el porcentaje de lluvia que fluye a través del suelo hacia los desagües o las aguas subterráneas aumenta a medida que aumenta la cantidad de lluvia. Sin embargo, incluso fuera del período de recarga principal, las lluvias torrenciales pueden inducir eventos de drenaje o lixiviación. Para explotaciones en regadío, es importante que se eviten los grandes periodos de riego continuado (que inducen la percolación profunda en los suelos), especialmente justo después de la aplicación de los productos fitosanitarios.

* Para información más específica consultar los servicios geológicos.

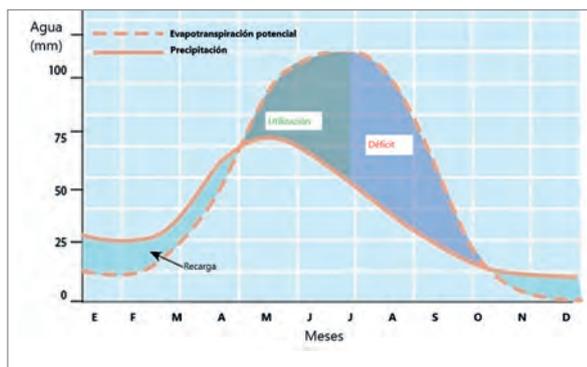


Figura 5: Ejemplo del balance de agua según las (Ref. 8)

2 FACTORES QUE AFECTAN LA MOVILIDAD DE LAS MATERIAS ACTIVAS EN EL SUELO.

El movimiento de los productos fitosanitarios a través del suelo es consecuencia de las interacciones entre las características del suelo, las condiciones climáticas de la zona y las propiedades de los productos.

a) Propiedades de las sustancias

Principalmente, se utilizan dos propiedades de los productos como indicadores primarios del potencial de movimiento de los mismos en el suelo: la intensidad con la que se adsorben al suelo y la rapidez con que se degradan en el mismo. Estas propiedades se utilizan porque el potencial de movimiento de los productos es esencialmente el resultado de la competencia entre la adsorción (un indicador de la velocidad con la que pueden moverse en el suelo) y los procesos de degradación (un indicador de la velocidad de eliminación antes de salir del suelo).

Adsorción de los productos fitosanitarios

El potencial de adsorción de las materias activas en el suelo es muy variable, dependiendo, principalmente de la estructura química del producto y de las propiedades del suelo. En un extremo, hay productos que se unen débilmente a las partículas del suelo y por tanto se mueven, con mucha facilidad, solidariamente a los flujos de agua del suelo. En el otro extremo, están que los productos que se adsorben fuertemente y se encuentran inmóviles en el suelo, por lo que no se mueven a medida que el agua fluye a través del suelo. La mayoría de los plaguicidas se encuentran entre estos dos escenarios extremos.

Muchos, si no la mayoría, de los plaguicidas son compuestos lipofílicos y no cargados, lo que significa que se adsorben a las superficies lipofílicas del suelo, en particular las que se encuentran en la materia orgánica. La tendencia a adsorber a la fracción de carbono orgánico de la materia orgánica se mide convenientemente usando el coeficiente de adsorción al carbono orgánico. Altos valores de carbono orgánico indican que los pesticidas son fuertemente adsorbidos a la materia orgánica del suelo y no se mueven fácilmente con el agua. Porcentajes bajos de carbono orgánico en el suelo, significan que los pesticidas tienen mayor facilidad de movimiento con el agua del suelo (véase tabla 3).

La adsorción de los productos también varía según el tipo de suelo, aumentando habitualmente en suelos con niveles más altos de materia orgánica en la capa superior del suelo, y disminuyendo con la profundidad del suelo a medida que los niveles de materia orgánica disminuyen.

Movilidad del producto	Coefficiente de adsorción K_{oc} (mL/g)
Baja movilidad	$\geq 1,000$
Movilidad media	100 to 1,000
Alta movilidad	≤ 100

Tabla 3: Clasificación general del movimiento de las materias activas en el suelo.

Los productos fitosanitarios que no son lipofílicos, no se adsorben fácilmente a la materia orgánica del suelo, sino que están ligados por minerales u óxidos de arcilla en el suelo: Para estas sustancias, se utiliza el coeficiente de distribución del suelo (K_d) y así se puede caracterizar su potencial de absorción. Vale la pena señalar, que la adsorción de materias activas potencialmente cargadas, a menudo se ve afectada por el pH del suelo, especialmente en el caso de ácidos y bases débiles.

Como conclusión, es posible, aunque complejo, la clasificación de los productos fitosanitarios en función de su movilidad en el suelo.

Persistencia de las materias activas en el suelo

La velocidad con la que se degradan los productos fitosanitarios en el suelo es variable. Esta degradación puede ocurrir por procesos bióticos (biodegradabilidad microbiana) y procesos abióticos (hidrólisis, fotólisis u oxidación catalítica). En última instancia, la degradación de los plaguicidas resulta en su descomposición (mineralización) en sus componentes básicos, como el dióxido de carbono, el amoníaco y el agua. Los índices de degradación de los plaguicidas se miden utilizando el tiempo de semidesintegración o de vida media DT50: Este es el tiempo necesario para degradar el 50% de la cantidad inicial de plaguicidas en el suelo. Normalmente se mide en condiciones de laboratorio (temperatura y humedad fijas) y en una serie de suelos diferentes para ofrecer un valor representativo o DT50. Si los valores del DT50 se miden en condiciones de campo, pueden incluir contribuciones de otros procesos de disipación, como la volatilización y la fotólisis. En general, los productos fitosanitarios pueden clasificarse como de baja, media o alta persistencia en las capas superficiales del suelo. La persistencia que generalmente aumenta con la profundidad del suelo debido a la disminución, generalmente, de la actividad microbiana.

Combinación de la adsorción y degradación

Se ha demostrado que el movimiento de las materias activas en el suelo depende de la adsorción (movilidad) y la degradación (persistencia) de las mismas, siendo esta última propiedad especialmente relevante para la movilidad a medio y largo plazo en los suelos. Se han realizado varios intentos para ilustrar esta relación, como por ejemplo la puntuación GUS. EL índice GUS (Groundwater Ubiquity Score) utiliza la movilidad y la persistencia de los productos fitosanitarios para indicar la probabilidad potencial de que se detecten materias activas en las aguas subterráneas. Sin embargo, este índice no debe utilizarse como criterio de toma de decisiones en la agricultura de la Unión Europea, ya que se elaboró a partir de datos sobre el suelo y el clima de los Estados Unidos, ignora las diferencias en las dosis de uso de los productos y en el proceso de registro en la UE sólo se autorizan los productos que no se encuentran en concentraciones superiores a 0,1 µg/L en las aguas subterráneas en condiciones de uso (determinadas mediante datos experimentales y de modelización). Sin embargo, este índice GUS es útil para mostrar una visión general de la dependencia del potencial de lixiviación de los plaguicidas en el suelo debido a la movilidad y persistencia de las sustancias (véase la figura 6).

En la práctica, el riesgo de que las materias activas se desplacen en el suelo hacia capas más profundas también

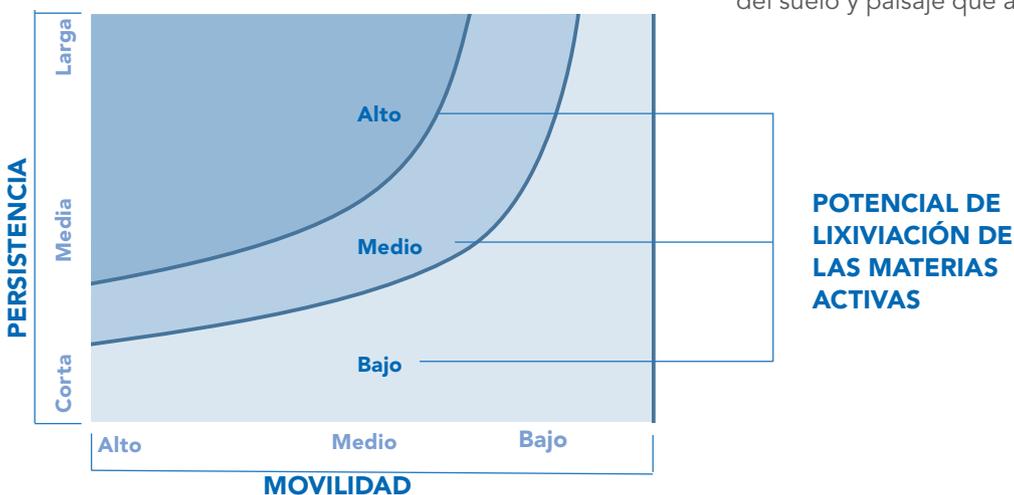


Figura 6: Relación entre el movimiento potencial de los pesticidas en el suelo y su persistencia (Basado en GUS)

depende del intervalo de tiempo entre la aplicación y las primeras lluvias, que provocan un movimiento de agua en profundidad. Si el intervalo de tiempo es corto, habrá aún más cantidad de sustancia disponible para lixiviar en la capa superior del suelo, y al mismo tiempo, la adsorción de las materias activas no se ha podido llevar a cabo. Ambos procesos, especialmente si existen macroporos en la capa superior del suelo, pueden causar un movimiento descendente más intenso. En consecuencia, una planificación cuidadosa de las aplicaciones de productos, en las que se eviten eventos de lluvias intensos poco después de la aplicación es básico para reducir el riesgo de contaminación por lixiviación y drenaje.

b) Condiciones climáticas y del suelo

Dado que el objeto de este documento es proporcionar orientación sobre cómo reaccionar ante aumento de las concentraciones de productos fitosanitarios en aguas superficiales o subterráneas, se hace necesario el clasificar la vulnerabilidad relativa de un suelo en relación al drenaje y lixiviación de productos que puedan contaminar las aguas a través de estos efectos. Por tanto, sólo se consideran explícitamente los factores del suelo y el paisaje que afectan a la vulnerabilidad relativa general al movimiento de pesticidas hacia masas de aguas superficiales y subterráneas. En función a estas premisas, se han identificado tres factores del suelo y paisaje que afectan el drenaje y la lixiviación:



Figura 7: Patrón de flujo de agua en el perfil de suelo (lado izquierdo) y patrón de tinción de macroporos (lado derecho) visible mediante experiencias de infiltración con trazador de color (Ref. 9).

Textura del suelo

La influencia de la textura del suelo, en relación a la capacidad de retención de agua, sobre el almacenamiento medio de agua y la tasa de flujo a través del suelo: Esto se refleja en los paneles de evaluación del riesgo, utilizando un umbral de <150 mm de capacidad de retención de agua en el perfil del suelo como valor de activación para una mayor vulnerabilidad. La lluvia penetrarán más profundamente en estos suelos, llevando a un mayor riesgo de transferencia de materias activas hacia capas más profundas.

Estructura del suelo

La influencia de la estructura del suelo sobre el movimiento del agua, viene dada por la presencia de grietas y bioporos (creados por lombrices y por raíces en descompuestas): Estos forman vías preferenciales para el movimiento de productos fitosanitarios a través del suelo, lo que les permite evitar rápidamente la matriz del suelo (véase la Fig. 7). Las prácticas de manejo del suelo muestran una gran influencia en la estructura del mismo, ya que la ausencia de laboreo favorece el desarrollo de una bue-

na estructura. De este modo, la infiltración de agua en el suelo a través de los macroporos aumenta, reduciendo así el potencial de escorrentía superficial. El rápido movimiento de agua y sustancias, se considera un factor principal que aumenta el riesgo de que se produzca drenaje de materias activas y, en menor medida, también la lixiviación (especialmente en el caso de aguas subterráneas poco profundas). Esto se refleja en la evaluación de las grietas en la superficie del suelo (y las prácticas de manejo del suelo) para los paneles de evaluación de riesgo de drenaje y lixiviación.

Sistema de drenaje

El tipo de sistema de drenaje (para las aguas superficiales) y la profundidad del suelo / zona no saturada (para las aguas subterráneas) determinan la distancia efectiva que las materias activas deben recorrer en el suelo para entrar en las aguas superficiales y subterráneas. En consecuencia, también estos factores se consideran en los paneles de evaluación de riesgo.

No se incluyen otros factores para mantener la clasificación general, por ejemplo, el contenido de materia orgánica del suelo (excepto en el caso de los suelos turbosos) y el pH del suelo. Para obtener más información sobre estos aspectos del drenaje y la lixiviación de pesticidas, es necesario consultar con los técnicos locales en protección de cultivos o comprobar si existen consejos de gestión específicos para cada producto.

Y finalmente, el flujo de agua a través del suelo, se ve afectado por las condiciones del mismo, y está fuertemente influenciado por las prácticas de manejo. Como ejemplo, los cultivos cubierta, las cubiertas vegetales en leñosos o la siembra directa, que influyen en el contenido de materia orgánica del suelo, la actividad microbiana y el equilibrio hídrico. Por lo tanto, el manejo óptimo de las operaciones que se realizan sobre el suelo, especialmente a través de sus impactos sobre los macroporos, debe tener como objetivo lograr el equilibrio adecuado entre el fomento de la salud del suelo y la de la protección del agua.

3 ASPECTOS LEGALES SOBRE LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS

La Directiva Marco del Agua de la UE establece el marco legal para las políticas de la gestión del agua en la Unión Europea, con el objetivo de proteger las aguas subterráneas, superficiales y marítimas costeras.

Requiere, por tanto, una la vigilancia constante de las masas de agua en lo que respecta a los parámetros químicos y biológicos, que constituyen la base para clasificar el estado de la masa de agua (estado químico y ecológico). Si el estado es deficiente, esto desencadena la necesidad de establecer planes de acción para mejorarlo utilizando los ciclos de planificación de 6 años de la gestión de cuencas fluviales. Como plazo límite, todas las masas de agua deberán estar en buen estado químico y ecológico para 2027, lo que significa que es necesario aplicar planes eficaces.

a) Valores límite de fitosanitarios para las aguas de consumo y las subterráneas

En la UE, se estableció un valor de concentración de materias activas de productos fitosanitarios y metabolitos toxicológicamente relevantes de 0,1 µg/L como límite sanitario para el agua potable. Dado que las aguas subterráneas son la principal fuente de agua potable en muchos Estados miembros, este valor límite se amplió a las aguas subterráneas debido a su uso frecuente como agua de consumo, a menudo con una cantidad limitada de tratamiento.

Los metabolitos no pertinentes de los plaguicidas (tal como se definen en las directrices de la DG San- te Sanco /221/2000) no están regulados a nivel de la UE en el agua potable o las aguas subterráneas. Sin embargo, en varios Estados miembros se utiliza un valor umbral de concentración de 10 µg/L como límite en aguas subterráneas.

Las evaluaciones regulatorias de la exposición al agua en la UE se realizan antes de la autorización de comercialización de los productos, para minimizar el número de hallazgos de plaguicidas y metabolitos que pueden exceder sus valores límite. Sin embargo, a largo plazo, si los excedentes de plaguicidas se producen con frecuencia en lugares vulnerables, esto puede dar lugar a restricciones locales de uso de plaguicidas o a prohibiciones a nivel nacional.

b) Valores límite para las aguas superficiales

En el caso de las aguas superficiales, se aplican normas de calidad ambiental específicas para cada sustancia), basadas en parámetros ecotoxicológicos para proteger los ecosistemas de la contaminación química. Se establecieron normativas a escala de la UE para una serie de sustancias prioritarias que incluía una selección de materias activas usadas en sanidad vegetal. Dicha normativa establece valores

límite medios anuales y valores límite de concentración máxima admisible.

Además de las sustancias prioritarias a escala de la UE, cada estado miembro tiene publicado un listado de contaminantes específicos en función de la normativa nacional de aguas. Para estas sustancias, hay establecidos unos valores umbrales y los programas de control. Lo que hace que no existan valores de calidad ambiental genéricos.

Para las masas de agua superficial con uso para consumo humano, la norma de calidad del agua potable (DWQS) regula un valor límite de $0,1 \mu\text{g/L}$. Sin embargo, se debe considerar el tratamiento de las aguas, que eliminan sustancias especificadas. Sin embargo, el Art. En el artículo 7 de la Directiva Marco de Aguas, se establece que los Estados miembros deben garantizar que no se deteriore la calidad del agua potable y que se reduzca la necesidad de depuración del agua. Para alcanzar este objetivo, puede ser necesario establecer zonas de seguridad, lo que puede incluir la aplicación de restricciones locales de uso de productos fitosanitarios.



BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) PARA EVITAR LA TRANSFERENCIA DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS POR DRENAJE

1 ASPECTOS CLAVE DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE

a)) Introducción

Los sistemas de drenaje subterráneo se establecen para ayudar a que el exceso de agua drene rápidamente del suelo y evitar que permanezca demasiado húmedo durante períodos prolongados de tiempo, ya que un exceso de agua puede disminuir el rendimiento de los cultivos. Un contenido excesivo de agua en el suelo resulta perjudicial, asimismo, para el mismo a la hora de realizar operaciones sobre el suelo. El agua recogida por los sistemas de drenaje fluye directamente a los cauces superficiales, como zanjas, arroyos y ríos. Habitualmente, el período en que el flujo de drenaje es continuo comienza en invierno y dura hasta la primavera (véase la figura 8). Este período es precedido por épocas en los que los desagües no están fluyendo continuamente, otoño y final de primavera, pero fuertes precipitaciones o exceso de riego pueden hacer fluir el agua por estos drenajes. El período de desagüe en los drenajes depende de las condiciones climatológicas y de las propiedades del suelo, por lo que las épocas por el que el agua fluye a través de los drenes es muy variable.

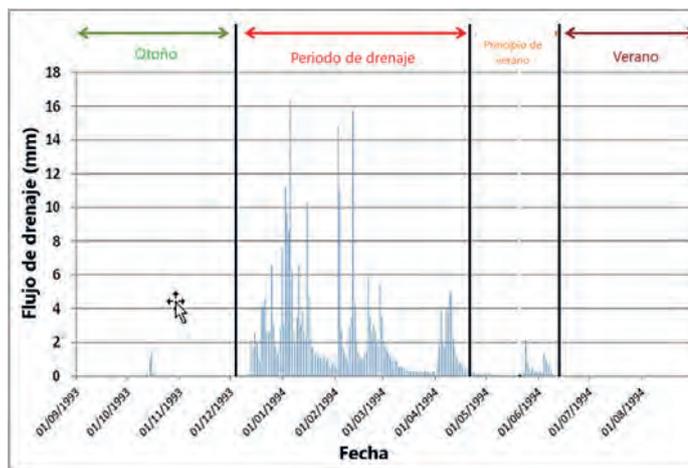


Figura 8: Variación temporal del flujo de agua por los drenajes en la zona de estudio La Jailliere en la campaña 1993/1994 (ARVALIS) (Ref.11).

La creación de drenajes artificiales se realiza por los siguientes motivos, principalmente:

Suelos excesivamente húmedos debido a una baja permeabilidad

Suelos con baja permeabilidad impiden el movimiento del agua hacia capas más profundas, lo que con frecuencia conduce a condiciones de saturación en la zona radicular. Como resultado, estos suelos tardan más tiempo en secarse y calentarse en primavera, lo que afecta negativamente a las prácticas de cultivo, siembra y al establecimiento de los cultivos. En estos casos, se puede establecer un sistema de drenaje para eliminar el exceso de agua en el suelo. Además, estos suelos a menudo muestran escorrentía superficial cuando están saturados durante el invierno y a principios de la primavera (véase libro BPA escorrentía TOPPS; Ref. 1).

Exceso de humedad debido a que la capa freática es poco profunda

En los suelos en los que el nivel freático se eleva durante el invierno y a principios de la primavera debido a la recarga de las aguas subterráneas y se acerca a la superficie del suelo. En esta situación, el suelo puede dificultar el establecimiento de cultivos, lo que afecta negativamente a los rendimientos. El sistema de drenaje tiene como objetivo mitigar esta condición del suelo, intentando mantener la capa freática a un nivel en el que se desarrolle el cultivo adecuadamente.

Drenaje asociado al riego

En explotaciones con pulsos largos de riego, la evaporación puede llevar a la acumulación de sales que, con el tiempo puede perjudicar el desarrollo de los cultivos. En este caso, es necesario aplicar más agua de la que se necesita para el crecimiento de los cultivos, con el fin de lavar las sales acumuladas en el suelo a través de sistemas de drenaje.

b) Sistemas de drenaje

Para las situaciones que requieren drenaje subterráneo, se utilizan dos tipos de sistemas de drenaje: sistemas primarios y sistemas secundarios.



Figura 9 y 10: Salidas de drenajes artificiales

Sistemas primarios

Tradicionalmente, se han realizado canales para drenar el exceso de agua de los suelos, conectando con la siguiente masa de agua superficial natural. Actualmente, los sistemas de drenaje primario utilizan tuberías de plástico perforado



Figura 11: Canales de Drenaje superficiales

(PVC) enterradas a más de 50 cm de profundidad del suelo. Estos sistemas tienen la ventaja de que no interfieren con las operaciones de cultivo en el campo. El diseño exacto de estos sistemas de drenaje depende de la permeabilidad del suelo. En general, el diseño más común es el diseño "sistemático" o "regular", caracterizado por el espaciamiento de los desagües laterales paralelos. Éstos fluyen hacia canales de drenaje, o bien desembocan en un desagüe principal (colector), que a su vez descarga en un canal o arroyo de drenaje. Los suelos de baja permeabilidad, como las arcillas pesadas, se drenan por medio de drenajes estrechos de 5 a 15 m, mientras que los suelos más permeables se drenan con distancias más amplias, de hasta 40 m (Ref. 13). El espaciamiento también depende de la profundidad de los desagües, ya que los desagües más profundos generalmente permiten un espaciamiento más amplio. Para suelos

con restricciones de permeabilidad en el perfil del suelo, la profundidad de drenaje está determinada por el espesor de las capas superiores más permeables del suelo. En muchos suelos arcillosos, el subsuelo es tan impermeable que no tiene sentido colocar tuberías de más de 75 cm de profundidad. En contraste, para los suelos que cubren aguas subterráneas poco profundas, la profundidad de drenaje puede estar limitada por el nivel del agua en el canal de desagüe de drenaje. Si la profundidad no está restringida de esta manera, se pueden instalar drenajes tan profundos como 120 - 150 cm por debajo de la superficie del suelo en suelos más permeables.

(El riego en zonas áridas necesita sistemas de drenaje: véase el informe „Requerimientos de agua para el riego en la UE“ Ref. 12)

Sistema de drenaje secundario

Estos sistemas son sólo para suelos con restricciones de permeabilidad en los que se necesita una corta separación entre tuberías de drenaje, lo que conlleva un exceso de coste económico. En estos suelos, sin embargo, el drenaje del subsuelo por encima de los desagües puede mejorarse con prácticas de drenaje secundario que facilitan el movimiento del agua hacia las tuberías de desagüe. El drenaje secundario es rentable en distancias de 1 a 2 m, generalmente en ángulo recto con respecto a las tuberías de desagüe primarias, que están más ampliamente espaciadas en torno a los 20 a 40 m (Ref. 13).

Los sistemas de drenaje secundario recogen el exceso de agua y la canalizan directamente al sistema de drenaje primario, en particular interceptando el relleno permeable por encima de los desagües primarios. Como resultado, los sistemas de drenaje secundario pueden dar lugar a concentraciones máximas de plaguicidas más altas que las de los sistemas de drenaje primario solamente, ya que el drenaje se realiza desde una profundidad menor en el perfil del suelo.

c) Consideraciones

El principal objetivo por el que se invierte en un sistema de drenaje, es aumentar el rendimiento y ampliar las variedades de cultivos. Con la creciente conciencia sobre el potencial impacto ambiental del drenaje, las empresas especializadas que instalan sistemas de drenaje primario necesitan planificar adecuadamente su instalación, teniendo en cuenta todos los factores que pueden influir. Además, es necesario considerar las implicaciones de las actividades de drenaje en una cuenca, incluyendo los efectos aguas abajo. El establecimiento de sistemas de drenaje primario es una decisión a largo plazo (>20 años), por lo que el impacto de la implementación de BPA necesita también consideraciones a largo plazo. Sin embargo, los sistemas de drenaje secundario necesitan renovarse cada 3 a 5 años y requieren menos inversión financiera. Por lo tanto, el impacto de la implementación de BPA para estos sistemas se estima a corto plazo.

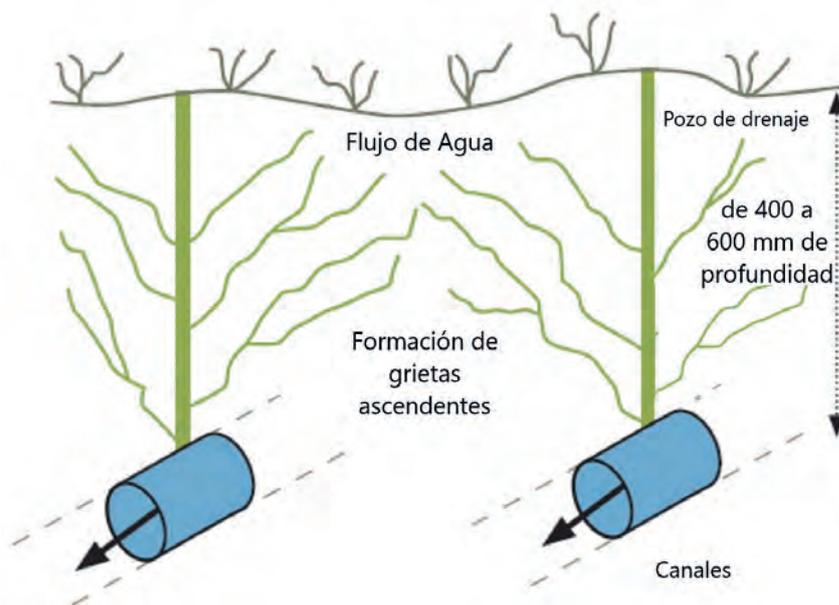


Figura 12: Vista esquemática de un drenaje (Ref. 14)

2 DIAGNÓSTICO DE RIESGOS

Determinación del movimiento del agua en el suelo

Por lo general, se dispone de mucha información relevante para comprender el movimiento del agua en el suelo y en la cuenca. Parte de esta información se puede obtener a través de la administración estatal o de las regionales y locales, y directamente de la interacción con los agricultores. Es recomendable verificar los datos obtenidos directamente en campo.

A veces, se conoce la información sobre antiguos sistemas de drenaje. Por lo tanto, se debe realizar una evaluación minuciosa en campo durante las épocas de movimiento de agua a través de los drenajes para ver si están operativos. El flujo de drenaje debe ser monitoreado en relación con el tiempo de lluvia, la intensidad y el tiempo / cantidad de flujo de drenaje. También se debe auditar en los lugares donde se encuentran los desagües principales y hacia donde fluye esa agua drenada, si se retiene (por ejemplo, en una laguna o balsa) o fluye directamente a un arroyo.

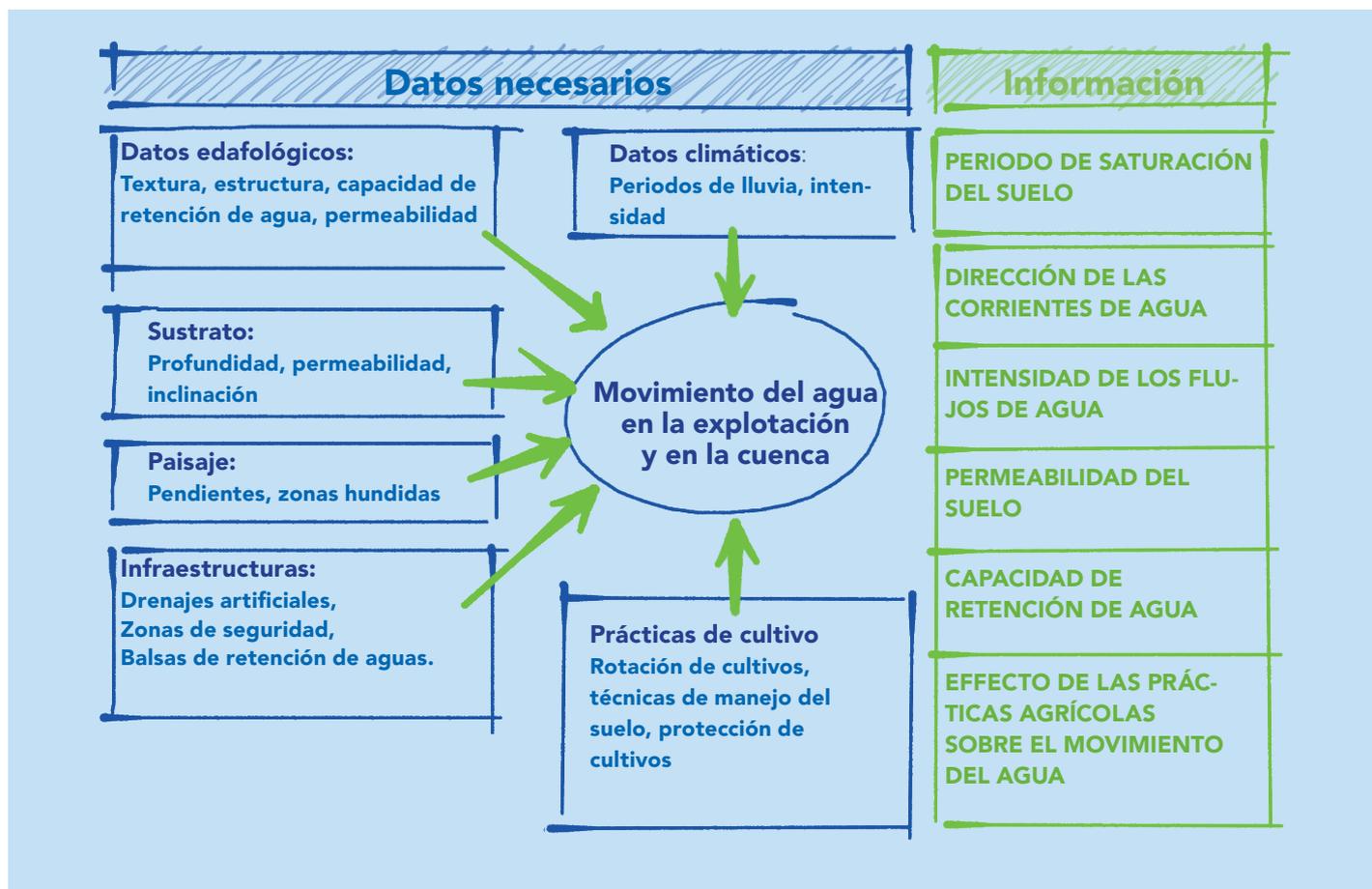


Figura 13: Relación de datos necesarios para determinar en campo los riesgos de contaminación de aguas (Ref. 1)

Panel de evaluación del riesgo

Para identificar los distintos escenarios en los que se produce drenaje y su riesgo potencial de transferencia de productos fitosanitarios a las aguas superficiales, se ha creado un panel de evaluación de riesgos. Esta tabla ha sido desarrollada para reducir la complejidad de todo el proceso de identificación de escenarios y riesgos asociados con un conjunto de criterios comunes que se aplican en toda Europa para los plaguicidas en general. Después de diagnosticar el escenario y sus niveles de riesgo asociados, es necesario seleccionar las medidas de mitigación apropiadas, teniendo en cuenta las condiciones climáticas locales (por ejemplo, el régimen de lluvias, la temperatura).

El panel de evaluación se debe adaptar a las características ambientales de cada zona.

BPA = DIAGNÓSTICO DE RIESGOS + SELECCIÓN DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS

Figura 14: Panel de evaluación - Diagnóstico de la vulnerabilidad de las explotaciones para el transporte de productos fitosanitarios a través del drenaje.

Drenaje debido a baja permeabilidad del suelo	Aparecen grietas o macroporos ¹			Riesgo Alto
	No aparecen grietas ni macroporos en la mayor parte del año	Se realiza subsolado		Riesgo Alto
		No se realiza subsolado	Arcilla >35%	Riesgo Alto
			Arcilla 25 - 35%	Riesgo Medio
Arcilla <25%	Riesgo Bajo			
Drenaje para controlar la aportación a aguas subterráneas poco profundas.	Suelos minerales	Aparecen grietas o macroporos ¹		Riesgo Alto
		No aparecen grietas ni macroporos en la mayor parte del año	WHC ³ <150 mm	Riesgo Alto
			WHC 150–230 mm	Riesgo Medio
	WHC >230 mm		Riesgo Bajo	
Suelos con turba ²				Riesgo Bajo

1Grietas / macroporos de ≥ 1 cm que se producen en la superficie del suelo

2: Suelos con turba: Suelos con $\geq 30\%$ de materia orgánica en la capa superior

3: Capacidad retención de agua en suelo (WHC) (en los 100 cm superiores del perfil del suelo o por encima del nivel de los desagües, lo que sea menos profundo).

Cómo usar los paneles de evaluación

Los paneles de evaluación se deben leer de izquierda a derecha, seleccionando la categoría adecuada en cada columna en función del diagnóstico.

En primer lugar, se debe tomar la decisión de cuál es el objetivo del sistema de drenaje: a) gestionar suelos húmedos de baja permeabilidad; o b) gestionar suelos con una capa freática poco profunda.

a) En suelos con baja permeabilidad, la rápida transferencia de agua está influenciada por grietas, que se producen principalmente en suelos arcillosos en los procesos de desecación. Si no se observan grietas, el movimiento del agua en estos suelos suele ser lento. En capas más profundas aumentan la cantidad de macroporos y la velocidad del flujo de agua y, por lo tanto, pueden aumentar el flujo de desagüe y, en consecuencia, empeorar el tipo de riesgo.

b) La vulnerabilidad, en referencia al transporte de materias activas por los drenajes, de parcelas en las que la capa freática es alta y los suelos presentan alto contenido de materia orgánica es baja. Los suelos minerales pueden tener una alta vulnerabilidad, dependiendo de si se forman grandes grietas con frecuencia en la capa superior del suelo. Los niveles de riesgo en suelos sin grietas aparentes se clasifican de bajo a alto riesgo, dependiendo de la capacidad de retención de agua disponible en los 100 cm superiores del suelo.

Cabe destacar una vez más, que el diagnóstico de los riesgos de drenaje y la aplicación de las buenas prácticas deben realizarse principalmente como consecuencia de niveles por encima de los permitidos en las aguas de la cuenca. Como esta vía de transferencia depende de las propiedades de los plaguicidas y del uso general en una cuenca, las BPA deben aplicarse de forma específica en las zonas en las que aparezcan valores inadmisibles.

3 ELABORACIÓN DE LAS BPA MEDIANTE LA RELACIÓN ENTRE EL DIAGNÓSTICO DEL RIESGO CON MEDIDAS PROPUESTAS.

El punto de partida para desarrollar BPA para la reducción del riesgo de drenaje se encuentra en la aparición de valores de concentración de productos superiores a los umbrales. Si la materia activa detectada se utiliza en explotaciones que drenen a la cuenca de captación, el perfil de riesgo de drenaje debe determinarse para todas las parcelas drenadas en la cuenca. Vincular los datos de diagnóstico de riesgos a medidas de aplicación en el campo, es lo que constituyen las BPA.

BPA = DIAGNÓSTICO + MEDIDAS

Un resultado de diagnóstico de riesgo bajo para una determinada parcela puede, incluso, no requerir la aplicación de medidas, mientras que resultados de riesgo alto hacen necesario el establecimiento de varias medidas.

Se recomienda realizar el diagnóstico de riesgo y la discusión de las posibles medidas junto con el asesor y el agricultor, asegurando que las medidas de mitigación se evalúen también en base a su adecuación al sistema de cultivo. La Tabla 4 muestra un ejemplo de cómo usar las medidas más adecuadas. Definir cuáles son las medidas más apropiadas es un proceso que debe ser repetido en base a los datos obtenidos de los análisis de aguas, en caso que no se alcancen los valores permitidos tras la adopción de las medidas

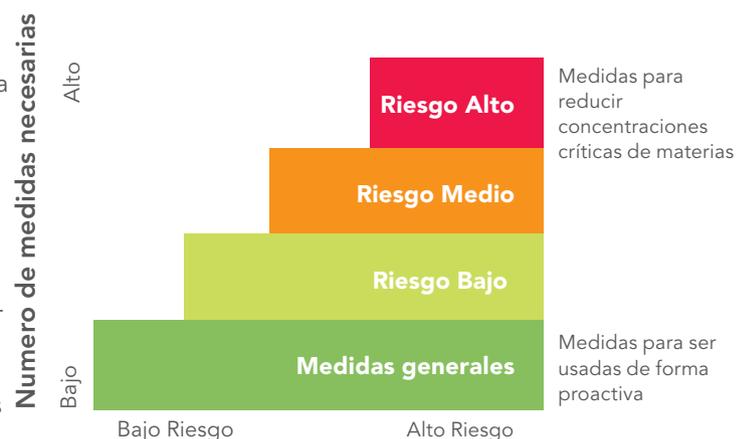


Figura 15: Explicación visual de cómo establecer BPA adaptadas al riesgo, mediante la selección de medidas de mitigación apropiadas

Categorías	Medidas Generales	Medidas para bajo riesgo*	Medidas para riesgo medio*	Medidas para riesgo alto*
Controlar el momento de aplicación	No aplicar en caso cuando esté lloviendo		Evitar la aplicación de cuando fluya agua por los drenajes	Considerar las distintas alternativas de productos.
Reducir el volumen de caldo en la aplicación	Considerar el uso de semilla tratada Considerar el uso de aplicaciones localizadas	Usar aplicaciones divididas Reducir la dosis al mínimo	Reducir las concentraciones mediante la mezcla de productos	
Selección y rotación de materias activas		Ampliar la rotación de cultivos a la cuenca	Usar distintos productos para el mismo cultivo	Restringir el uso de productos críticos.
Optimización de la rotación de cultivos	Seleccionar una correcta rotación de cultivos para mejorar la sanidad de los cultivos	Considerar cultivos cubierta con sistema radicular pivotante Alternar cultivos de invierno y primavera		
Adaptar las prácticas de cultivo				Considerar el uso de labores para evitar grandes grietas
Utilizar cultivos cubierta	Seleccionar los cultivos cubierta más adecuados			
Optimizar las prácticas de drenaje		Evitar un exceso de drenaje		
Estructuras de retención de aguas				Utilizar estructuras de retención para los flujos de drenaje
Optimización de las prácticas de riego	Calcular las necesidades de riego	Optimizar los riegos en función de la humedad del suelo		

Tabla 4: Ejemplo de cómo enlazar las BPA con los resultados de diagnóstico en campo

*Para estos riesgos se pueden considerar también medidas para riesgos menores (Figura 15).

4 MEDIDAS (BPA) EN RELACIÓN AL DRENAJE

1. Controlar el momento de la aplicación

El momento de la aplicación es importante, ya que cuando se encuentran concentraciones mayores de productos a la salida de los drenajes es poco después de su aplicación. Las parcelas drenadas muestran un ciclo de drenaje distinto, con un flujo de drenaje más o menos continuo durante el invierno y a principios de la primavera. Esto se debe a los bajos niveles de evapotranspiración en esta época del año, lo que conduce a un flujo de agua dirigido hacia las capas más profundas del suelo. Debido a la variabilidad de las precipitaciones anuales, el comienzo y el final del período de flujo de drenaje pueden cambiar de un año a otro.

¿Qué hacer?

Como norma general, aplicar los productos en épocas en las que no exista flujo de drenaje. Asimismo, es importante seleccionar el producto más adecuados, en función a la época, y no realizar aplicaciones si el suelo está cercano a la capacidad de campo y se prevén lluvias en un corto periodo de tiempo.

¿Cómo hacerlo?

Leer detenidamente la etiqueta del producto a aplicar, teniendo en cuenta posibles restricciones. Asimismo, asesorarse a través de los técnicos de la distribución. En caso de materias activas con mayor riesgo de contaminación, evitar su uso en periodos de movimiento de agua por los drenajes. Comprobar las condiciones meteorológicas para la zona a tratar, ya que el primer evento de lluvia tras la aplicación es el más crítico. No aplicar productos fitosanitarios con un alto riesgo si se prevén lluvias intensas en las siguientes 48 horas. Es necesario conocer el estado de humedad del suelo, evitando las aplicaciones en suelo excesivamente húmedos, aunque no se prevean lluvias inminentes.

2. Reducir el volumen de caldo en la aplicación

a) Reducción la dosis de materia activa aplicada (a través de la mezcla de los productos)

La eficacia de los productos fitosanitarios depende de las propiedades de la materia activa que lo compone, pero también de una serie de factores externos, como las condiciones climáticas, las técnicas de aplicación, el tipo de suelo, la humedad del suelo, los cultivos, las variedades vegetales, los organismos objetivo y las fases de desarrollo de las plagas. Las dosis recomendadas en la etiqueta deben garantizar una buena eficacia teniendo en cuenta la variabilidad de los factores externos. A veces es posible reducir las concentraciones de aplicación, sin que haya una disminución de la eficacia, dependiendo de dichos factores externos. Sin embargo, y en base a la experiencia, es el agricultor el que debe decidir si realiza esta reducción para no afectar a la producción. Además, se ha de tener en cuenta las posibles resistencias del cultivo ante los patógenos y los valores umbrales de afectación. Por lo tanto, estas reducciones deben discutirse con los asesores y, si es posible, deben centrarse en el uso adecuado de los productos.

¿Qué hacer?

Reducir la aplicación de productos críticos (aquellos que se puedan encontrar en valores superiores a los permitidos en aguas de drenaje) lo más posible, considerando utilizar mezclas de diferentes productos.

¿Cómo Hacerlo?

Consultar con los asesores técnicos sobre posibilidad de disminución de la concentración de materia activa sin perder eficacia. Si es posible, considerar la modificación de productos para evitar el uso de aquellos que se puedan encontrar en niveles de concentración no admitidos en aguas de drenaje. Asegurarse que este cambio o mezcla de productos tiene el efecto deseado.

CATEGORÍAS	MEDIDAS
Controlar el momento de la aplicación ¹	Evitar la aplicación mientras fluye agua por los drenajes o previamente a periodos de lluvia Considerar tratamientos alternativos
Reducir el volumen de aplicación en la explotación ¹	Reducir la tasa de aplicación por área Usar mezcla de productos (diferentes materias activas) Usar aplicaciones divididas Utilizar técnicas de monitoreo de plagas (sensores manuales y automáticos) y tratar únicamente las áreas infestadas (tratamiento por zonas) Usar semillas tratadas
Optimizar la selección de productos fitosanitarios y su rotación en la cuenca ¹	Ampliar la rotación de cultivos para reducir la carga de plaguicidas específicos Rotar los productos para un cultivo específico en la cuenca Restringir las aplicaciones en las zonas sensibles
Optimizar la rotación de cultivos	Seleccionar la rotación cultivos para mejorar la sanidad de los cultivos: - alternar cultivos de verano y primavera - Considerar cultivos cubierta con Sistema radicular pivotante
Adaptar las prácticas de cultivo ¹	Si el drenaje es un problema: Considerar el uso de labores para evitar la aparición de grandes grietas
Utilizar cultivos cubierta	Seleccionar un cultivo cubierta adecuado en función al cultivo principal -Prestar atención a mantener una buena cobertura del suelo - Mantener y manejar adecuadamente los cultivos cubierta - Asegurarse que los cultivos cubierta no interfieren con el cultivo principal
Optimizar el funcionamiento de los drenajes	Diseñar un drenaje profesional
Usar estructuras de retención de aguas ¹	Usar estructuras de retención (ej. humedales balsas)para recoger el agua de drenaje, y así diluir y disipar las altas concentraciones de productos
Optimizar las prácticas de riego	Calcular las necesidades de riego Optimizar la programación de riegos en función a la humedad del suelo

Tabla 5: Visión general de las medidas para reducir la transferencia de productos fitosanitarios a las aguas superficiales a través del drenaje

¹ Algunas BPA (en cursiva)solo deben usarse como reacción ante aparición de valores inaceptables de plaguicidas críticos

b) Reducción de la dosis de aplicación mediante aplicaciones divididas

Las aplicaciones divididas son aplicaciones sucesivas de las mismas o diferentes materias activas en una secuencia. Estas aplicaciones repetidas aprovechan la mayor sensibilidad de la vegetación adventicia al herbicida (por ejemplo, un primer brote emergente). Las aplicaciones divididas reducen la concentración de productos en la capa superior del suelo y en las plantas inmediatamente después de la aplicación y distribuyen la carga de ingrediente activo durante un período de tiempo más largo. Por lo tanto, disminuye el riesgo de altas concentraciones de plaguicidas en el flujo de drenaje, especialmente si existen precipitaciones poco después de la aplicación.

¿Qué hacer?

Dividir la aplicación de productos críticos en varias aplicaciones (generalmente dos medias dosis), que deben ser programadas y dosificadas de acuerdo con los requisitos de la etiqueta.

¿Cómo Hacerlo?

Las aplicaciones divididas requieren un buen conocimiento y monitorización de las etapas de crecimiento de las plagas y un muy buen conocimiento de las propiedades específicas de las materias activas. Por lo tanto, es necesario elegir un calendario de aplicación muy preciso y buscar un buen asesoramiento agronómico.

Limitaciones

Las aplicaciones divididas tienen la desventaja de que tienen que hacerse al menos dos veces, lo que conlleva un mayor coste económico y un aumento del riesgo de compactación debido al tránsito. A veces estas prácticas son difíciles de llevar a cabo, sobre todo en invierno y principio de primavera, ya que los suelos pueden estar demasiado húmedos para circular por ellos.

c) Reducción de la dosis de aplicación a través de la aplicación localizada

Los cultivos y las plagas no están distribuidos uniformemente en el campo, sino que se encuentran en zonas localizadas y en densidades diferentes. Los métodos de aplicación puntual dirigen las aplicaciones únicamente a las áreas afectadas, donde es necesario el tratamiento con un producto fitosanitario. Esto significa que una parte de la parcela puede permanecer sin tratamiento, lo que reduce volumen total de producto a aplicar por parcela.

Se puede diferenciar entre aplicaciones de banda (entre filas) y aplicaciones de áreas variables (ya sea basadas en mapas o en sensores).

Otras opciones técnicas pueden ser ofrecidas a través del uso de la agricultura digital: Actualmente se están desarrollando tecnologías de agricultura digital para predecir, asegurar y mejorar los rendimientos, al tiempo que se optimiza la aplicación de los productos fitosanitarios de una manera más específica, controlada y eficiente (agricultura de precisión). El rápido desarrollo de estas aplicaciones ofrecerá grandes oportunidades para abordar problemas de ambientales, reduciendo el riesgo de drenaje y lixiviación de los productos fitosanitarios debido a la mejora en la toma de decisiones con respecto a la aplicación (espacial y temporal).

Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones, en combinación con modelos de riesgo de infestación, pueden ayudar a optimizar los volúmenes de productos a aplicar, minimizando así la carga total. El control específico de malas hierbas mediante la aplicación localizada basada en el reconocimiento automatizado de vegetación proporciona una oportunidad adicional para lograr aplicaciones altamente eficientes.

La geroreferenciación de las zonas vulnerables es otro enfoque prometedor para conocer el riesgo de lixiviación y flujo de drenaje basado en indicadores de riesgo específicos. La creación de mapas puede ayudar a los agricultores y técnicos asesores a la identificación de zonas de alto riesgo, centrando el enfoque de la adopción de medidas de mitigación de riesgos específicas para cada emplazamiento.

¿Qué hacer?

Aplicación en banda

Los cultivos anuales y perennes, que se cultivan en hileras suficientemente grandes, pueden ser tratados sólo para el control de malas hierbas con una barra de aplicación específica. El pulverizador está diseñado para que el cultivo no pueda ser golpeado por el pulverizador a través de dispositivos de protección. Estas técnicas se utilizan con mayor frecuencia con herbicidas no selectivos en viñedos. Sin embargo, también en los cultivos en hileras (maíz, girasol), la aplicación en banda de herbicidas selectivos se ha vuelto más frecuente.

Aplicaciones de áreas variables

El objetivo es tratar únicamente las partes infestadas (insectos, hongos, malezas). Esta estrategia sólo puede recomendarse cuando es posible un control preciso de las plagas y se puede realizar un tratamiento selectivo (ya sea manualmente o mediante sensores automáticos).

¿Cómo Hacerlo?

Para poder realizar aplicaciones entre filas de cultivo, es necesario adaptar la tecnología. El blindaje lateral puede ser necesario para evitar daños en los cultivos si se utilizan herbicidas no selectivos, así como adecuar los cálculos de volúmenes de aplicación en función al área efectiva a tratar. Es necesario establecer un sistema fiable de monitoreo que permita indicar las zonas que deben ser tratadas. Es necesario georeferenciar los datos para que se permita realizar una aplicación selectiva en función a las observaciones realizadas. Las plagas que tienen una gran capacidad de movimiento, como los insectos, son más difíciles de tratar eficazmente utilizando sistemas de aplicación basados en mapas. La aplicación basada en sensores utiliza señales en línea que aportan sensores montados en la maquinaria, detectando las zonas de aplicación al instante. Para el control de malas hierbas, ya existen técnicas basadas en sensores; para otras aplicaciones, la mayoría de los sensores están aún en fase de investigación.

Limitaciones

La implementación de estas tecnologías requiere una alta inversión, en la mayoría de los casos. Por lo tanto, puede no ser rentable para pequeñas explotaciones.

d) Reducción de la dosis de aplicación a través del tratamiento de las semillas

El uso de semilla tratada es uno de los métodos de lucha contra las enfermedades y plagas más responsables en términos de control de la contaminación ambiental por productos fitosanitarios, ya que el tratamiento se efectúa antes de la siembra.

Esta tecnología está dirigida a paliar problemas sanitarios del suelo, así como a la protección sistémica de las plantas.

¿Qué hacer?

Utilizar semillas tratadas para reducir al mínimo la exposición de la materia activa y utilizar la maquinaria adecuada para evitar cualquier deriva de polvo.

¿Cómo Hacerlo?

En la mayoría de los casos, las semillas son tratadas en plantas especializadas. Asegurarse de evitar la deriva de polvo durante la siembra, adquiriendo productos de alta calidad y utilizando la tecnología y la maquinaria apropiada.

Limitaciones

Los tratamientos de semillas combinan la elección de las semillas con la materia activa necesaria. Esta tecnología sólo debe utilizarse si existe una alta probabilidad de necesitar la protección química respectiva del cultivo dentro de la campaña.



3. Optimizar la selección de productos fitosanitarios y la rotación en la cuenca

a) Rotación de materias activas a nivel de cuenca

En una cuenca de captación de aguas, todas las parcelas que drenen a la misma pueden aportar agua contaminada durante la temporada de drenaje o tras fuertes lluvias. La aparición de materias activas en aguas superficiales está relacionada, en la mayoría de los casos, con el uso que se hace de los productos a nivel de cuenca de captación. Una rotación de cultivos en las parcelas de una cuenca contribuirá a la reducción de la superficie tratada por un mismo producto fitosanitario en una misma campaña. Asimismo, el uso de la materia activa puede ser rotatorio, si hay diversidad para un determinado cultivo con los mismos resultados. Esta práctica disminuirá la probabilidad de que se desarrolle resistencia a las a largo plazo.

¿Qué hacer?

En áreas donde la contaminación por drenaje es un problema, se recomienda implementar rotaciones amplias de cultivos variando las fechas de siembra (otoño/primavera), asegurándose de que el uso de materias activas críticas no se efectúa en periodos en los que fluye el agua por los drenajes.

¿Cómo Hacerlo?

Basándose en evaluaciones agronómicas y económicas, el agricultor debe optimizar la rotación de cultivos en las cuencas en las que existan problemas de contaminación por productos fitosanitarios a través de los drenajes, para lograr el ciclo de rotación de cultivos más largo posible. A fin de evitar una proporción demasiado alta de un cultivo, debe buscarse un acuerdo entre los agricultores de la cuenca para lograr una heterogeneidad adecuada de los cultivos en cualquier estación. En caso de que uno o dos cultivos permanezcan dominantes en una cuenca, se debe implementar una rotación de materias activas para este cultivo, de manera que se minimicen las aplicaciones simultáneas. Obviamente, la selección y aplicación de un producto debe basarse en las especificaciones de la etiqueta del mismo.

Limitaciones

Lograr una alta variabilidad cultivos en una cuenca puede verse obstaculizado por factores económicos y agronómicos. La rotación de productos fitosanitarios para cultivos específicos a veces se ve restringida por la limitada disponibilidad de productos. Se necesita, por tanto, que exista una coordinación a todos los actores que participan en el sector a nivel de cuenca.



b) Selección de materias activas/ Restricción de su uso en las zonas vulnerables.

En un número limitado de cuencas, el uso de buenas prácticas agrícolas y el asesoramiento general sobre la gestión de los productos fitosanitarios no impedirá que algunos de estos puedan llegar a contaminar masas de agua superficial a través de los drenajes, superándose los valores límite legales. Los análisis periódicos de la calidad del agua, proporcionan a las administraciones competentes información sobre las materias activas que provocan concentraciones inaceptables en las aguas superficiales. Además de la contaminación puntual, que debe abordarse con la máxima prioridad, estas situaciones se aparecen debido a la combinación de diversos factores a nivel de cuenca que deben ser conocidos. En tales situaciones, se necesitan requisitos especiales para asegurar que las masas de agua cumplan con los estándares de calidad necesarios.

- Restricciones locales (voluntarias u obligatorias) al uso de productos fitosanitarios en determinadas zonas vulnerables, cuando se considere que una restricción del uso superior a la indicada en la etiqueta es necesaria.
- La no utilización en la zona (voluntaria u obligatoria) de materias activas críticas en determinadas zonas vulnerables porque se considere que el riesgo de superar los valores umbrales es demasiado alto. Las zonas vulnerables para la contaminación por drenaje pueden ser evaluadas a grandes rasgos utilizando el panel de evaluación de riesgos TOPPS y deben ser corroboradas con asesores locales.

No es posible describir en este documento ningún proceso fijo para decidir qué restricciones locales o requisitos deben aplicarse, ya que esto depende de cada situación específica. Sin embargo, sobre la base de la experiencia existente, a menudo se pueden encontrar soluciones que garanticen que el uso adaptado de plaguicidas de manera que se conserve la calidad del agua sin afectar a la actividad agronómica.

Las empresas fabricantes de productos fitosanitarios también ofrecen asesoramiento. Tanto a través de la etiqueta del producto o a través de sus canales propios de asesoramiento o distribución.

¿Qué hacer?

Buscar un asesoramiento específico de uso de fitosanitarios para zonas donde la contaminación de aguas por productos fitosanitarios a través del drenaje sea un problema.

¿Cómo Hacerlo?

En base a las zonas vulnerables y los productos que se vayan a aplicar, se deben implementar las recomendaciones más viables. Es necesario atenerse a las recomendaciones de las administraciones competentes en la gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, la recomendación principal en la selección y aplicación de plaguicidas en cada cultivo son las recomendaciones de uso que figuran en la etiqueta, lo que garantiza el rendimiento biológico y el cumplimiento de los requisitos legales.

Limitaciones

Las restricciones de uso para una materia activa pueden a veces limitar la eficacia de las alternativas de protección de cultivos restantes para un cultivo determinado. Es recomendable considerar también cambios en la rotación de cultivos.

4. Optimizar la rotación de cultivos

La rotación de cultivos es una práctica agronómica basada en realizar una secuencia de cultivos en la misma parcela a lo largo de los años. Esta práctica da como resultado unos importantes beneficios agronómicos, económicos y ambientales, en comparación con los sistemas de monocultivo. El objetivo principal de la rotación de cultivos es mantener la fertilidad del suelo y la buena salud de las plantas.

Para un agricultor, la selección de la rotación de cultivos es una decisión de gestión importante, ya que influye las cargas de trabajo durante la campaña, la rentabilidad a corto y largo plazo, la maquinaria necesaria, la fertilidad y la estructura del suelo, las operaciones de cultivo, la acumulación de materia orgánica, la presión de las plagas y tiene consecuencias sobre aspectos medioambientales como el movimiento del agua en el suelo.

Con respecto a la mitigación de la transferencia de productos fitosanitarios a los drenajes, las rotaciones de cultivos ofrecen las siguientes ventajas:

Mejora la absorción y degradación de las materias activas en el suelo. La mayor parte de la actividad biológica en el suelo se encuentra en la capa superior del suelo, que tiene un mayor porcentaje de materia orgánica. Los altos



Figura 16: La rotación de cultivos reduce la dominancia de un cultivo en un área y favorece el control fitosanitario.

niveles de materia orgánica favorecen la degradación de las materias activas en el suelo y aumentan la capacidad de adsorción. Los suelos con un alto nivel de restos de cultivos y la inclusión de cultivos cubiertos en la rotación contribuyen a aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.

Reduce el uso general de productos fitosanitarios explotando los beneficios del Control Integrado de Plagas. El monocultivo tiende a acumular enfermedades, plagas y aparición de malas hierbas específicas y más resistentes. Por lo tanto, es una buena práctica considerar una rotación de cultivos diversa también desde el punto de vista fitosanitario. Las decisiones de rotación de cultivos dependen en gran medida de parámetros económicos que a menudo están fuera de la influencia directa del agricultor.

¿Qué hacer?

Establecer una rotación de cultivos con la mayor diversidad posible, atendiendo a los sistemas de cultivo y las necesidades económicas. Alternar cultivos de invierno y primavera, con distintos tipos de raíces (pivotantes, superficiales) y distintos tipos de cultivos (leguminosas, cereales, oleaginosas...) Las leguminosas en la rotación, aportan beneficios adicionales, ya que incrementan el contenido de nitrógeno en el suelo. Realizar una rotación adecuada depende en gran medida las condiciones climáticas de la zona y de las características del suelo. La elección de la rotación se debe hacer atendiendo a estos factores y asesorándose con técnicos de la zona.

¿Cómo hacerlo?

Para conseguir un incremento de materia orgánica en el suelo, es necesario mantener los restos del cultivo anterior sobre la superficie del suelo, distribuyéndolo sobre el mismo para que la cobertura sea lo más homogénea posible. El número de cultivos en la rotación que son huéspedes de los mismos patógenos deberá reducirse al mínimo, ya que de lo contrario podría dar lugar, por ejemplo, a la acumulación de nematodos o reservorios de hongos. El control de malas hierbas, deben ser considerados para la rotación, ya que en algunos cultivos estas se pueden controlar con mayor facilidad que en otros. Buscar asesoramiento local sobre las opciones probadas de rotación de cultivos y los beneficios conocidos para el control de plagas.

5. Adaptar las prácticas de cultivo

La agricultura de conservación (siembra directa, cubiertas vegetales) es muy efectiva para reducir la transferencia de productos fitosanitarios a las aguas por escorrentía y erosión. Sin embargo, con respecto al flujo de drenaje, hay que mantener especial cuidado en que la estructura del suelo no cree macroporos que faciliten el movimiento de materias activas a través de ellos, sobre todo en suelos de textura fina, debido a un transporte más rápido e intensivo de los plaguicidas a los drenajes.

Esto significa que la influencia de la reducción de las labores puede, en algunos casos, crear efectos contradictorios entre en la mitigación de la contaminación de aguas superficiales por escorrentía y por drenaje. Si existe escorrentía superficial en una parcela drenada, su prevención tiene prioridad sobre la mitigación del flujo de drenaje, ya que las concentraciones de pesticidas y las cargas a corto plazo son mayores para los eventos de escorrentía superficial. Además, el control de la erosión es de suma importancia para los agricultores. En consecuencia, la siembra directa sólo debe desaconsejarse si:

(i) No existe escorrentía superficial (lo cual es el mayor problema a mitigar)

(ii) la transferencia de contaminantes al flujo al desagüe es debido a macroporos en esa parcela (ref. 16 a 43)



Figura 17: Las prácticas de cultivo influyen directamente en la porosidad del suelo (la agricultura de conservación mejora la estructura del suelo)

¿Qué hacer?

Si la aparición de contaminantes por los drenajes es un problema, realizar una pequeña labor previa a la siembra para romper las grietas superficiales en caso que las hubiera. Esto solo se debe hacer si no existe ningún riesgo de transferencia de producto por escorrentía y erosión, que en este caso se deben usar técnicas de agricultura de conservación

¿Cómo hacerlo?

En primer lugar, se debe realizar un diagnóstico de riesgo de escorrentía superficial. Si uno de los productos aplicados es preocupante en la cuenca debido a su entrada a través de los drenajes y la parcela es diagnosticada como de alto riesgo de drenaje (ver herramienta de diagnóstico de riesgo de drenaje), entonces se debe recomendar un mínimo laboreo. Esto es recomendable para parcelas donde el suelo tiende a formar grietas en la superficie.

La agricultura de conservación (siembra directa y cubiertas vegetales en leñosos) es, además de un método altamente efectivo para el control de la escorrentía y la erosión, beneficiosa para aumentar la fertilidad de un suelo, mejorar la estructura y aumentar el contenido en materia orgánica. Por tanto, la decisión de realizar una labor somera se debe tomar solo si la aparición de una materia activa por los drenajes hace que se superen los niveles umbrales de ese producto en las aguas superficiales.

6. Utilizar cultivos cubierto.

Los cultivos cubierto o cultivos de cobertura deben ser integrados en la rotación de cultivos de las explotaciones, entre los cultivos productivos. Los cultivos cubierto se deben establecer en sistemas extensivos tras la cosecha de los cultivos principales de invierno, eliminándose antes del siguiente cultivo de primavera. En cultivos leñosos se utilizan las cubiertas vegetales en las calles de la plantación para mantener la cobertura del suelo.

Los cultivos cubierto aportan los siguientes beneficios, tanto al agricultor como al medio ambiente:

- Minimización del periodo de suelo desnudo: Protegiendo el suelo ante las adversidades climáticas, además de mejorar la estructura y reducir los riesgos de erosión.

- Equilibra la humedad del suelo mediante la evapotranspiración y protege los suelos de la desecación a través del sombreado.
- Aumenta el contenido de materia orgánica en los suelos y por lo tanto mejora los niveles de nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico, la capacidad de retención de agua del suelo y la estructura del suelo.
- Estimula la actividad biológica del suelo.
- Reduce el riesgo de transferir fertilizantes y fitosanitarios a las aguas subterráneas gracias a un incremento de retención de agua en el suelo.
- Puede mejorar la productividad de los cultivos principal y el beneficio económico, dependiendo de los costes de manejo y establecimiento de los cultivos cubiertos.

¿Qué hacer?

Cuatro aspectos clave deben ser considerados en el establecimiento de los cultivos cubiertos para que proporcionen beneficios agronómicos y medioambientales.

a) Los cultivos cubiertos deben encajar en el manejo

Los cultivos cubiertos deben ser elegidos para que se ajusten al sistema de cultivo y proporcionen los beneficios que el agricultor está buscando. Los cultivos de cobertura

se basan a menudo en brásicas, leguminosas, cereales, o alguna combinación de estas especies. Deben encajar a la rotación de cultivos, y las fechas de siembra deben elegirse para asegurar un buen establecimiento, al tiempo que se minimizan los impactos negativos sobre los cultivos comerciales (por ejemplo, la competencia por los nutrientes).

b) Los cultivos cubiertos solo son beneficiosos si están bien establecidos

Dado que los cultivos cubiertos pueden basarse en una mezcla de semillas, se requiere un cuidado especial para garantizar que se siembren adecuadamente. Los cultivos cubiertos se pueden sembrar a voleo. Los métodos específicos para establecerlos dependen de la elección de los cultivos de cobertura, el tipo de equipo y las condiciones de campo.

c) Necesidad de manejar los cultivos cubiertos

Para obtener todos los beneficios se requiere una buena gestión de los cultivos cubiertos, mediante la siega, la aplicación de fertilizantes, ...

d) Los cultivos cubiertos no deben interferir con los cultivos principales

Los cultivos cubiertos necesitan, a menudo, ser eliminados antes de establecer los siguientes cultivos principales, lo que puede lograrse naturalmente por heladas durante el invierno,

Figura 18: Cultivo principal tras restos de un cultivo cubierto



o por siega química o mecánica, dejando que los restos se incorporen al suelo. Esto tiene consecuencias importantes para el establecimiento de los siguientes cultivos. Por ejemplo, la eliminación de cultivos de cobertura en suelos más pesados en primavera pueden necesitar una pequeña labor en la línea de siembra para mejorar la temperatura del suelo (strip till).

¿Cómo hacerlo?

A través de un correcto asesoramiento por parte de profesionales, ingenieros agrónomos, que indiquen cuando y como introducir los cultivos cubierta, en la rotación, o bien cubiertas vegetales, en el cultivos leñosos. Las recomendaciones generales se pueden encontrar en múltiples plataformas (Ref. 44, 45). En los cultivos herbáceos, los cultivos cubierta se deben sembrar a finales del verano o en otoño, después de la cosecha de los cultivos de invierno (como el trigo, la cebada y la colza), y se mantendrán hasta que se siembren los cultivos de primavera (como el maíz o el girasol). Especies como la avena y el centeno pueden ser componentes clave en las mezclas de cultivos de cobertura. Se establecen rápidamente y tienen raíces poco profundas, lo que conduce a una transpiración efectiva y promueve el desarrollo de la estructura granular en la superficie del suelo. Los pastos a menudo se mezclan bien con especies de cultivos de cobertura que forman sistemas radiculares más profundos para mejorar la estructura del suelo más abajo. Entre ellas se incluyen las brasicas, pero también pueden incluirse las leguminosas, especialmente las que son aptas para la siembra de otoño, que también potencian la actividad microbiana. Sin embargo, después de la cosecha de los cultivos de primavera, a menudo es demasiado tarde para sembrar un cultivo cubierta. Alternativamente, se puede sembrar un cultivo de cobertura en el cultivo comercial: Por ejemplo, centeno y las leguminosas pueden introducirse en las líneas del maíz en la etapa de 8 a 10 hojas, cuando ya no existe competencia. En los cultivos leñosos, la cubierta vegetal es más necesaria para prevenir la escorrentía y la erosión que la transferencia de drenaje, especialmente en climas más secos. En lugares donde hay exceso de agua en lugar de escasez de agua, las cubiertas vegetales favorecen la eliminación de ese exceso de humedad o ayudar a mejorar la calidad de la producción, por ejemplo en viñedos.

Debido al crecimiento en el interés por implantar cultivos cubierta y cubiertas vegetales en leñosos, están apareciendo, por parte de las casas comerciales, distintas mezclas de semillas que permitan una buena elección atendiendo a las necesi-

dades de las explotaciones. Parte del aumento del uso de los cultivos de cobertura se debe al hecho de que están incluidos en las superficies de interés ecológico de la PAC de la UE y también pueden ser adecuados para cumplir con el aumento de la diversificación de cultivos en las explotaciones agrícolas.

La eficacia de los cultivos de cobertura para reducir la lixiviación de nitratos en los campos está bien documentada. Los dos procesos clave para explicar la reducción de la lixiviación de N son la absorción de N en el cultivo de cobertura y la transpiración del agua del suelo (que reduce la humedad general del suelo y el flujo de drenaje). En principio, los productos fitosanitarios están sujetos a los mismos procesos, aunque la eficacia de la absorción de los plaguicidas es menor que la de reducir la humedad general del suelo. Además, el aumento de la actividad microbiana de la capa superficial del suelo también mejorará en general la degradación de los plaguicidas y reducirá la lixiviación en el suelo.

Limitaciones

Es importante un correcto conocimiento de los cultivos cubierta para realizar un adecuado manejo que reporte los beneficios deseados.

El aumento de la productividad/rentabilidad de los cultivos principales debe ser superior a los costes de manejo del cultivo de cobertura (incluidos los costes descontados debidos a cualquier subvención).

La mano de obra adicional para manejar los cultivos de cobertura puede no estar disponible, particularmente si se limita en el tiempo de siembra, por lo que esto debe ajustarse a los requisitos de manejo de la finca.

Los cultivos de cobertura generalmente aumentan la transpiración del suelo, por lo que se debe controlar la humedad del suelo, para que no lo desequen excesivamente previo a la siembra del cultivo principal. El momento correcto en la siega del cultivo cubierta y las cubiertas vegetales es, por tanto, clave para que no exista competencia.

En las zonas más húmedas, la presencia de un cultivo de cobertura próximo a la siembra del cultivo de primavera puede provocar que la capa superior del suelo esté demasiado húmeda y, por lo tanto, no tenga una temperatura adecuada, lo que retrasa la emergencia. También en estos casos, puede ser necesario considerar una eliminación más temprana de esta cubierta.

EJEMPLO DE ESPECIES	BRASICAS Mostaza, rabanos	LEGUMINOSAS Veza, trebol	CEREALES Avena, centeno, ray-grass
BENEFICIOS	Las Brasicas pueden crecer rápidamente en otoño. Existe un buen conocimiento agronómico de estas especies, y no suelen necesitar maquinaria específica para su manejo.	Las leguminosas fijan el nitrógeno, que puede beneficiar a los cultivos y aumentar la fertilidad; la cantidad de nitrógeno fijado depende de la especie, el crecimiento y la temperatura, siendo menor la cantidad fijada en invierno.	Los cereales pueden proporcionar una buena cobertura temprana del suelo (importante cuando la erosión es un problema).
CARACTERÍSTICAS	Proporcionan una buena cobertura del suelo y un enraizamiento profundo. Esto ayuda a mitigar los riesgos de lixiviación y mejorar la estructura del suelo. Algunas especies tienen efectos beneficiosos contra plagas.	Además de la fijación de nitrógeno, las raíces de las leguminosas ayudan a mejorar la estructura del suelo, que variará dependiendo de la especie, las condiciones de la zona y la duración de la cobertura del cultivo.	Para la siembra de otoño, estas especies pueden establecerse rápidamente y ofrecen una gama más amplia de tiempos de siembra que las brásicas o las leguminosas.
SIEMBRA	La siembra es similar a la de la colza. Las condiciones de campo y la variedad deben guiar las fechas específicas de siembra.	Las leguminosas tienden a crecer más lentamente que las brasicas. A menudo es necesario sembrarlas antes para ayudar al crecimiento y la fijación de nitrógeno.	Las épocas de siembra varían según la especie.
CONSIDERACIONES	Un buen establecimiento en otoño es fundamental para maximizar el crecimiento, especialmente cuando la estructura del suelo o la captura de nitrógeno son objetivos clave a mejorar. Hay que tener en cuenta los posibles conflictos que puedan existir con los distintos cultivos de la rotación.	Considerar el manejo de la siembra y el establecimiento de leguminosas de semilla pequeña (solas o en mezclas). Hay que tener en cuenta los posibles conflictos que puedan existir con los distintos cultivos de la rotación.	El manejo tiende a ser similar al de los cereales y gramíneas de otoño.

Tabla 6. Algunas consideraciones para la selección de los cultivos cubierta. (Ref. 44)

7. Optimizar el funcionamiento de los drenajes

En suelos donde el crecimiento de los cultivos y la transitabilidad se ven afectados negativamente por el exceso de agua en el perfil del mismo, el drenaje subterráneo puede ser una herramienta esencial para mantener o mejorar la productividad. Los drenajes subterráneos pueden ser necesarios cuando capas lentamente permeables o impermeables en el subsuelo impiden la transferencia vertical del exceso de agua, donde a menudo hay una capa freática poco profunda dentro del perfil del suelo. Los drenajes subterráneos pueden ser eficaces para reducir la saturación del suelo y esto puede tener beneficios en la reducción de la iniciación de la escorrentía superficial. Aunque los desagües subterráneos son importantes para la gestión del suelo, debe evitarse un "drenaje excesivo", ya que esto puede aumentar la transferencia de contaminantes a las aguas superficiales y la desecación de la zona de las raíces.

El drenaje secundario a intervalos (por ejemplo, cada 4-6 años) es necesario en algunos suelos arcillosos y limosos donde la permeabilidad es particularmente baja. El drenaje secundario, realizado perpendicularmente a las líneas de drenaje primario, facilita la transferencia de agua al sistema de drenaje principal. Sin embargo, esto puede aumentar la transferencia de productos fitosanitarios, sobre todo en los momentos inmediatamente posteriores a las aplicaciones.

¿Qué hacer?

El sistema de drenaje (tanto primario como secundario) debe estar diseñado para eliminar el volumen mínimo de agua del suelo que asegure que el manejo del de la explotación pueda llevarse a cabo cuando sea necesario y que las condiciones de crecimiento de los cultivos sean adecuadas.

¿Cómo hacerlo?

Cuando se instale un nuevo sistema de drenaje, este debe ser diseñado por profesionales de la agronomía con el fin, de asegurar que la profundidad y el espaciamiento sean apropiados para las características del suelo. Se recomienda consultar las directrices de la FAO (Ref. 46).

Los desagües deben estar a una profundidad adecuada para no impedir un correcto manejo y desarrollo del cultivo. Cuando se requiera un drenaje secundario, trate de maximizar el período entre el momento en que se realiza el subsolado, ya que los intervalos más cortos aumentarán la vulnerabilidad de los suelos para una rápida transferencia de materias activas.

Trate de evitar combinaciones de cultivos/plaguicidas de alto riesgo inmediatamente después de realizar operaciones de drenaje secundario. Por ejemplo, si un cultivo en la rotación requiere el uso de plaguicidas con mayor riesgo de transferencia al agua, trate de asegurarse de que no se cultive en la temporada inmediatamente posterior a las operaciones de drenaje secundario.

Limitaciones

El diseño de drenaje sólo se puede adaptar o cambiar cuando se instala un nuevo sistema de drenaje, o sea reemplazado el antiguo. En el caso de un sistema de drenaje secundario existente, esto puede ocurrir cada 5 años o más, mientras que en el caso de drenes principales puede ser necesario tras décadas de uso.

8. Usar estructuras de retención de aguas

Las estructuras de retención de agua, se crean habitualmente en la cuenca para proteger las infraestructuras creadas y las masas de agua de las entradas de sustancias a través de la escorrentía superficial. Las estructuras de retención existentes en el paisaje pueden utilizarse, también almacenamiento de agua de drenaje. Estas estructuras de retención tienen un propósito específico y por lo general no contienen agua durante todo el año, sino que sólo se inundan cuando se produce la escorrentía (o drenaje) superficial. Su función principal es

- (i) retener, evaporar e infiltrar el agua de escorrentía o de drenaje,**
- ii) facilitar la degradación de nutrientes y materias activas de los productos fitosanitarios**
- (iii) retener cualquier sedimento erosionado**

En comparación con la retención de escorrentía superficial, la mitigación del flujo de drenaje a través de estructuras de retención será menos efectiva a medida que más agua con menores concentraciones de fitosanitarios lleguen a la estructura durante el otoño y el invierno (temporada de flujo de drenaje). Para la mitigación del flujo de drenaje, las estructuras de retención son, por lo tanto, una medida adecuada únicamente para zonas vulnerables, reteniendo en mayor grado los flujos de drenaje. Habitualmente, los sistemas de retención existentes para la mitigación de la escorrentía superficial se utilizan para captar también el flujo de desagüe en una cuenca. Realizar una estructura de retención únicamente para los flujos de drenaje, puede suponer un exceso de costes en relación a la efectividad de la infraestructura.

Los humedales artificiales a menudo se asemejan a lagunas temporalmente inundados, que se construyen de manera que se optimice el movimiento y tiempo de estancia de agua en ellos. Para obtener más información sobre los sistemas de retención, consulte el BPA correspondiente en el libro TOPPS Escorrentía (Ref. 1).

Los humedales naturales también pueden ser adecuados para retener el agua de drenaje y, por lo tanto, deben ser mantenidas y utilizadas. Dado que estos humedales se clasifican a menudo como “áreas de protección medioambiental”, el uso

para la mitigación de los caudales de drenaje debe ser aprobado previamente con la administración competente. Estos humedales naturales son, por ejemplo, praderas o bosques ribereños, que se inundan con regularidad.

¿Qué hacer?

Recoger el flujo de drenaje de áreas vulnerables que contribuyen a la contaminación de las aguas superficiales en las estructuras de retención existentes en el paisaje. Es necesario un diagnóstico exhaustivo para identificar las ubicaciones adecuadas en la cuenca (que cubran el máximo de zonas de alto riesgo) y determinar para cada uno de ellos el volumen de retención necesario, en función de las condiciones climáticas y del flujo de drenaje asociado de la zona. Como estas estructuras pueden retener el agua de drenaje (y la escorrentía) de varias parcelas pertenecientes a varios propietarios, a veces es necesario un enfoque común para organizar la construcción y el mantenimiento estas estructuras.

¿Cómo hacerlo?

Las estructuras de retención deben ser lo suficientemente grandes para retener el agua de drenaje, dependiendo de las condiciones climáticas y del tamaño del área que afecta a la estructura de retención. En caso de que haya suficiente superficie disponible, las estructuras de retención pueden ser dimensionadas para cubrir un área que represente hasta un 1 a 2% de la cuenca. Sin embargo, a diferencia de la escorrentía, no puede esperarse que las estructuras de retención puedan retener la mayor parte del agua entrante, ya que la temporada de flujo de drenaje puede extenderse durante meses (desde finales de otoño hasta la primavera). Sin embargo, el tiempo de permanencia/trayecto de flujo del agua retenida en la estructura de retención puede optimizarse utilizando barreras dentro de la estructura. Para asegurar que la infiltración no sea demasiado rápida (y por lo tanto potencialmente causar un rápido movimiento de nutrientes y pesticidas hacia aguas subterráneas poco profundas), el fondo de las estructuras de retención debe estar revestido con una capa de material impermeable. Los taludes de la estructura, así como su fondo, deben tener

vegetación permanentemente para asegurar la estabilidad reducir el flujo de agua, mejorando así la eliminación de nutrientes, pesticidas y partículas suspendidas. Una vegetación densa en las estructuras de retención, que sea resistente a las inundaciones regulares y a las condiciones anaeróbicas en la zona de las raíces, es importante para la eliminación efectiva de contaminantes. Los tipos de especies para el establecimiento de una vegetación robusta y resistente pueden ser seleccionados con el apoyo de la administración competente en temas ambientales. Con el tiempo, las estructuras de retención desarrollarán algún tipo de vegetación natural, que necesita ser mantenida en un estado adecuado para la eliminación óptima de sustancias, la disminución de la velocidad del agua y la eliminación regular de sedimentos. Por lo general, la vegetación herbácea es la opción preferida, basándose en la experiencia actual de las lagunas de retención de aguas pluviales y de tratamiento de aguas residuales.

Puede ser necesario eliminar regularmente los sedimentos depositados en el suelo, ya que, de lo contrario, los depósitos acumulados reducirán la retención de agua y la capacidad de infiltración de la estructura de retención.

Es importante localizar las estructuras de retención en los puntos críticos de la cuenca, donde el flujo de drenaje pueda ser más fácilmente retenido. El tamaño de la estructura debe ser adecuado al volumen de agua de drenaje que vaya a soportar:

- **Volumen:** Diseñado para aceptar por lo menos de 2 a 5 mm de flujo de drenaje de la cuenca que contribuye. Dependiendo de la vulnerabilidad del área drenada y de los problemas asociados con los nutrientes o transporte de materias activas, es posible que sea necesario un rediseño.

- **Profundidad del agua:** En el rango de 0,2 a 1 m con una profundidad media del agua de 0,5 m.
- Los taludes no deben tener demasiada pendiente para proporcionar una vía de escape.
- **Longitud:** Si es posible, maximizar la longitud del canal de flujo de agua (es decir, el tiempo de retención utilizando barreras para ralentizar el flujo de agua)
- *Estructura de retención vegetal por siembra de especies locales (no invasivas), adaptadas a una inundación irregular.*

Por norma general, se necesitan conocimientos específicos para establecer estructuras de retención eficientes. Para más detalles, Es recomendable el asesoramiento y consulta de manuales técnicos, como la guía técnica „Mitigación de la contaminación por plaguicidas agrícolas de origen no puntual y biorremediación en ecosistemas de humedales artificiales“ (Ref. 47) del proyecto Life Artwet (LIFE 06 ENV/F/000133).

Efectividad

En la mayoría de los casos, los plaguicidas más hidrófobos se retienen mejor en las estructuras de retención vegetadas, ya que se unen más a las partículas del suelo (sedimentos suspendidos o de fondo), así como al material vegetal. Sin embargo, las materias activas con más polaridad son más difíciles de retener, siendo de especial importancia en el abastecimiento de agua potable. Se estima que la eficacia de eliminación de compuestos polares a moderadamente polares en estructuras de retención vegetadas es menor (en el rango del 20 al 70%).



Figura 19: Humedal artificial para recoger agua de drenaje

Limitaciones

La estructura de retención de agua son infraestructuras artificiales, construidas para retener y limpiar el agua de drenaje (y de escorrentía) de los sedimentos, nutrientes y pesticidas. Por lo tanto, cualquier regulación relativa a la protección de ecosistemas/hábitats que pueda interferir con la funcionalidad de la estructura de retención, debe ser previamente verificada. Es necesario garantizar que el propósito original de la estructura pueda mantenerse incluso si, por ejemplo, las especies en peligro entran en la estructura de retención, ya que el propósito es proporcionar una protección más amplia de la calidad del agua en lugar de establecer un ecosistema que requiriera protección.



Figura 20: Canal de drenaje con vegetación

9. Optimizar las prácticas de riego

El riego puede contribuir incremento de flujo de drenaje de productos fitosanitarios, si se realiza en exceso a las necesidades del cultivo, o sin atender a la capacidad de retención de agua del suelo.

Los drenajes en se suelen utilizar en parcelas con riego por aspersión o goteo.

¿Qué hacer?

Para minimizar el movimiento del agua en los suelos hacia los drenajes, es fundamental una correcta gestión del riego, que tenga en cuenta humedad del suelo, la capacidad de retención de agua y las necesidades hídricas de los cultivos en cada momento del ciclo.

¿Cómo Hacerlo?

Como punto de partida es necesario el conocimiento diario de la humedad del suelo y la evapotranspiración del cultivo, así como las condiciones climáticas. A partir de estos datos, se pueden calcular las necesidades diarias de agua de los cultivos. Para la gestión de los procesos de riego se dispone de herramientas técnicas, así como de sistemas de apoyo a la toma de decisiones basados en la tecnología de la información. Los desagües de drenaje deben ser revisados regularmente durante la temporada de riego para asegurarse de que no se desencadenan eventos de drenaje artificial en el suelo.



Figura 21: Optimización del riego



BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA REDUCIR LA LIXIVIACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

1 . FACTORES CLAVE EN LA LIXIVIACIÓN DE MATERIAS ACTIVAS

Se ha definido la lixiviación, en el contexto de este documento, como la transferencia de sustancias, a través del suelo, hacia las aguas subterráneas. En términos agrícolas, los nitratos y algunas materias activas, por lo general poseen un alto riesgo de entrar en las aguas subterráneas por lixiviación.

La recarga de los acuíferos tiene lugar, principalmente, en invierno y a principio de la primavera, debido a una menor evapotranspiración, lo que resulta en un flujo de agua hacia capas profundas en el perfil del suelo. Este patrón estacional de movimiento de agua es especialmente importante para los plaguicidas más móviles, cuyo uso puede ser necesario restringir en algunos periodos.

La lixiviación tiende a ser más fuerte y rápida en suelos arenosos, que tienen una baja capacidad de retención de agua y una mayor permeabilidad. Por el contrario, el movimiento del agua en suelos más pesados suele ser muy lento. Sin embargo, en algunos suelos arcillosos (dependiendo del tipo y contenido de arcilla) pueden abrirse grietas profundas en la superficie del suelo durante los periodos secos (final de primavera y verano), lo que facilita un rápido flujo de agua hacia las capas más profundas del suelo.

Los factores clave que influyen en el potencial de lixiviación de se han descrito y resumido brevemente en la introducción. Son importantes tres aspectos principales

a) Propiedades del producto(material activa)

- Persistencia en el suelo (DT50)
- Movilidad en el suelo (coeficiente de adsorción KOC)

b) Condiciones climáticas

- Temperatura media del suelo tras la aplicación
- Humedad del suelo tras la aplicación (patrones de lluvia)
- Coeficiente de recarga anual de los acuíferos

c) Propiedades del suelo

- Textura
- Estructura
- Actividad biológica del suelo (Contenido en materia orgánica)
- Capacidad de adsorción

Por tanto, es importante señalar que la lixiviación de los productos fitosanitarios se ve afectada por muchos factores y sus complejas interacciones, lo que dificulta la determinación del potencial de lixiviación exacto. En estos términos, independientemente de las propiedades de las sustancias, se recomienda centrarse en los factores clave.

- Profundidad del acuífero ,
- Estructura del suelo, teniendo en cuenta el manejo del mismo,
- Tipos de suelo
- Capacidad de retención de agua en el suelo, atendiendo a la textura.

2 DIAGNÓSTICO DE RIESGOS

Es recomendable realizar un diagnóstico de la parcela y de la cuenca antes de seleccionar las BPA para el manejo de la lixiviación de pesticidas. Para ello se ha desarrollado un panel de evaluación, con el fin de identificar los distintos escenarios que pueden ocurrir en campo y el riesgo potencial asociado a la transferencia de contaminantes hacia aguas subterráneas. Dicho panel se ha elaborado con el objetivo de reducir la complejidad del proceso de identificación de estos riesgos, y con unos criterios comunes para toda Europa. Una vez realizado el diagnóstico se puede estimar el riesgo y seleccionar las medidas más adecuadas.

Es necesario, también, tener en cuenta las condiciones climáticas locales y adaptarlo a cada situación

BPA = Diagnóstico de riesgos + Selección de las Medidas

Figura 22: Panel de evaluación - Diagnóstico de la vulnerabilidad de las explotaciones para el transporte de productos fitosanitarios hacia aguas subterráneas.

Aguas subterráneas poco profundas	Aparecen grietas o macroporos ²		Riesgo Alto
	No aparecen grietas ni macroporos en la mayor parte del año	No laboreo	Riesgo Alto
		WHC ³ <150 mm	Riesgo Alto
		WHC de 150 a 230 mm	Riesgo Medio
		WHC >230 mm	Riesgo Bajo
		Suelos con turba ⁴	Riesgo Bajo
Aguas subterráneas profundas	Suelos poco profundos ⁵		Riesgo Alto
	otros suelos	No laboreo	Riesgo Medio
		WHC <150 mm	Riesgo Medio
		WHC >150 mm	Riesgo Bajo

¹ Las aguas subterráneas se encuentran ≤ 1 m de la superficie del suelo en algún momento

² Grietas/ macroporos de ≥ 1 cm en la superficie del suelo

³ Capacidad de retención de agua en el suelo (WHC) (en los 100 cm superiores del suelo o por encima del nivel del agua subterránea, lo que sea menos profundo); este valor debe adaptarse localmente de acuerdo con las condiciones climáticas

⁴ Suelos con turba: Suelos con $\geq 30\%$ de materia orgánica en la capa superior

⁵ Suelos con perfiles arables <30 cm de profundidad: normalmente sólo el horizonte de la capa superior del suelo que recubre la roca.

Cómo usar el panel de evaluación

Los paneles de evaluación se deben leer de izquierda a derecha, seleccionando la categoría adecuada en cada columna en función del diagnóstico.

Primero, se debe tomar una decisión sobre la profundidad del agua subterránea, si es ≤ 1 m (agua subterránea poco profunda) o más profunda.

En segundo lugar, es necesario tomar decisiones sobre la presencia de macroporos en el caso de aguas subterráneas poco profundas. Para aguas subterráneas más profundas, los suelos de alto riesgo se identifican con una capa superficial poco profunda.

En tercer lugar, hay que tomar decisiones basadas en la capacidad de retención de agua del suelo, el sistema de manejo de suelo y el contenido de materia orgánica en la superficie.

Además de estos factores, hay que tener en cuenta las condiciones climáticas de la zona (pluviometría, temperatura) ya que influirán en la vulnerabilidad de contaminación de las aguas subterráneas por lixiviación de productos fitosanitarios.

En general, la implementación de BPA puede reducir el riesgo de lixiviación de pesticidas y debe ser aplicada especialmente en áreas vulnerables, donde las condiciones climáticas y las prácticas agrícolas favorezcan la transferencia hacia aguas subterráneas. Cuando se supera el valor umbral de la materia activa en las aguas subterráneas puede dar lugar a restricciones de uso o a la prohibición de los productos fitosanitarios. Las concentraciones de plaguicidas en las aguas subterráneas (baja actividad microbiana, ausencia de luz solar, flujo lento de agua) persisten más tiempo que en las aguas superficiales y, por lo tanto, pueden causar un problema a medio y largo plazo. En algunos casos, las etiquetas de los productos marcan las restricciones en zonas vulnerables.

Cabe destacar, una vez más, que el diagnóstico del riesgo de lixiviación y la aplicación de las prácticas correctas deben hacerse en respuesta a concentraciones altas de plaguicidas en aguas subterráneas. Dado que la lixiviación de estos productos depende, en gran medida, de sus propiedades, la utilización de los mismos y las condiciones climáticas locales, las BPA de lixiviación solo deben aplicarse cuando aparezcan valores no admitidos de los productos en uso en los acuíferos.

3 . ELABORACIÓN DE LAS BPA MEDIANTE LA RELACIÓN ENTRE EL DIAGNÓSTICO Y LAS MEDIDAS PROPUESTAS

El nivel de riesgo para contaminación por lixiviación se puede definir a través del panel de evaluación del riesgo (Fig. 22)

Un resultado de diagnóstico de riesgo bajo puede, incluso, no requerir la aplicación de medidas, mientras que resultados de riesgo alto hace necesario el establecimiento de varias medidas. Se recomienda realizar el diagnóstico de riesgo y la discusión de las posibles medidas junto asesor técnico y agricultor conjuntamente, asegurando que las medidas de mitigación se evalúen también en base a su adecuación al sistema de cultivo. La mayoría de las medidas propuestas para la lixiviación son iguales o similares a las propuestas para el drenaje

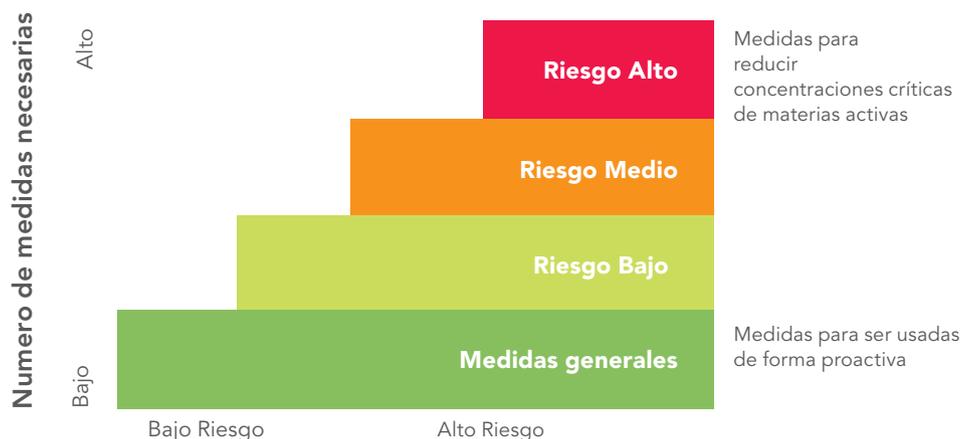


Figura 23: Explicación visual de cómo establecer BPA adaptadas al riesgo, mediante la selección de medidas de mitigación apropiadas

La Tabla 7 se muestra un ejemplo de cómo usar las medidas más adecuadas. Definir cuáles son las medidas más apropiadas es un proceso que debe ser repetido en base a los datos obtenidos de los análisis de aguas, en caso que no se alcancen los valores permitidos tras la adopción de las medidas. Sin embargo, como la lixiviación de pesticidas a las aguas subterráneas es un proceso lento, los resultados no se observarán a corto plazo.

4 MEDIDAS PARA EVITAR LA LIXIVIACIÓN (BPA)

1. Controlar el momento de la aplicación

El momento de la aplicación de un producto fitosanitario con respecto a la recarga de los acuíferos (invierno y principios de la primavera) es crítico, ya que en esta época hay un flujo continuo hacia las masas de agua subterráneas. Debido a la variabilidad de las precipitaciones anuales, el comienzo y el final del período de recarga de las aguas subterráneas pueden variar anualmente.

¿Qué hacer?

Como norma general, aplicar los productos en épocas en las que no haya recarga de las masas de agua subterránea. Asimismo, es importante seleccionar el producto más adecuado, en función a las condiciones climáticas de la zona.

¿Cómo hacerlo?

Leer atentamente la etiqueta del producto, por si existiesen requisitos en relación al momento de la aplicación. Consulte también los consejos del fabricante sobre la gestión de los productos.

Evitar en la medida de lo posible la fumigación de plaguicidas críticos desde finales del otoño hasta mediados de la primavera (período principal de recarga de aguas subterráneas). Asesorarse a través de los técnicos de la distribución. En caso de materias activas con mayor riesgo de contaminación, evitar su uso en periodos de recarga de aguas subterráneas (desde final de otoño hasta mediados de primavera).

2. Reducir el volumen de caldo en la aplicación

a) Reducción la dosis de materia activa aplicada (a través de la mezcla de los productos)

La eficacia de los productos fitosanitarios depende de las propiedades la materia activa que lo compone, pero también de una serie de factores externos, como las condiciones climáticas, las técnicas de aplicación, el tipo de suelo, la humedad del suelo, los cultivos, las variedades vegetales,

los organismos objetivo y las fases de desarrollo de las plagas. Las dosis recomendadas en la etiqueta deben garantizar una buena eficacia teniendo en cuenta la variabilidad de los factores externos. A veces es posible reducir las concentraciones de aplicación, sin que haya una disminución de la eficacia, dependiendo de los factores externos.

Sin embargo, y en base a la experiencia, es el agricultor el que debe decidir esta reducción para no afectar a la producción. Además, se ha de tener en cuenta las posibles resistencias del cultivo ante los patógenos y los valores umbrales de afectación.

Por lo tanto, estas reducciones deben discutirse con los asesores y, si es posible, deben centrarse en el uso adecuado de los productos.

¿Qué hacer?

Reducir la aplicación de productos críticos (aquellos que se puedan encontrar en valores superiores a los permitidos en aguas subterráneas) lo más posible, considerando realizar mezclas de productos.

¿Cómo Hacerlo?

Consultar siempre con los asesores técnicos sobre la reducción de posibilidad de disminución de la concentración de materia activa sin perder eficacia. Si es posible, considerar la modificación de productos para evitar el uso de aquellos que se puedan encontrar en niveles de concentración no admitidos en aguas. Asegurarse que este cambio o mezcla de productos tiene el efecto deseado.

Tabla 7: Ejemplo de cómo enlazar medidas con los resultados de diagnóstico en campo

Categorías	Medidas generales	Medidas para bajo riesgo	Medidas para alto medio	Medidas para riesgo alto
Controlar el momento de aplicación			Evitar aplicaciones en épocas de recarga de los acuíferos	Considerar distintas alternativas de productos
Reducir el volumen de caldo en la aplicación	Considerar el uso de semilla tratada Considerar el uso de aplicaciones localizadas	Usar aplicaciones divididas Reducir la dosis al mínimo	Reducir las concentraciones mediante la mezcla de productos	
Selección y rotación de materias activas			Rotar los productos que se usan en una parcela Usar distintos productos para el mismo cultivo	Restringir el uso de materias activas peligrosas
Optimización de la rotación de cultivos	Seleccionar una correcta rotación de cultivos para mejorar la sanidad de los cultivos	Considerar cultivos cubierta con sistema radicular pivotante Alternar cultivos de invierno y primavera		
Adaptar las prácticas de cultivo				Considerar el uso de labores para evitar grandes grietas
Utilizar cultivos cubierta	Seleccionar los cultivos cubierta más adecuados			
Optimización de las prácticas de riego	Calcular las necesidades de riego	Optimizar los riegos en función de la humedad del suelo		

* Para estos riesgos se pueden considerar también medidas para riesgos menores (Figura 23).

b) Reducción de la dosis de aplicación mediante aplicaciones divididas

Las aplicaciones divididas son aplicaciones sucesivas de las mismas o diferentes materias activas en una secuencia. Estas aplicaciones repetidas aprovechan la mayor sensibilidad de la vegetación adventicia al herbicida (por ejemplo, un primer brote de emergente). Las aplicaciones divididas reducen la concentración de productos en la capa superficial del suelo y en las plantas inmediatamente después de la aplicación, y distribuyen la carga de ingrediente activo durante un período de tiempo más largo. Por lo tanto, disminuye el riesgo de altas concentraciones de plaguicidas en aguas subterráneas, especialmente si las lluvias ocurren poco después de la aplicación.

¿Qué hacer?

Dividir la aplicación de productos críticos en varias aplicaciones (generalmente dos medias dosis), que deben ser programadas y dosificadas de acuerdo con los requisitos de la etiqueta.

¿Cómo Hacerlo?

Las aplicaciones divididas requieren un buen monitoreo de las etapas de crecimiento de las plagas y un muy buen conocimiento de las propiedades específicas de las materias activas. Por lo tanto, es necesario elegir un calendario de aplicación muy preciso y buscar un buen asesoramiento agronómico.

Limitaciones

Las aplicaciones divididas tienen la desventaja de que tienen que hacerse al menos dos veces, lo que conlleva un mayor coste económico y un aumento del riesgo de compactación debido al tránsito. A finales del otoño y principios de la primavera, estas prácticas son a veces difíciles de realizar, ya que los suelos están demasiado húmedos para circular por ellos.

c) Reducción de la dosis de aplicación a través de la aplicación localizada

Los cultivos y las plagas no están distribuidos uniformemente en el campo, sino que se encuentran en zonas localizadas y en densidades diferentes. Los métodos de aplicación puntual dirigen las aplicaciones únicamente a las áreas

afectadas, donde es necesario el tratamiento con plaguicidas. Esto significa que una parte del campo permanece sin tratar, lo que reduce volumen total de producto a aplicar por parcela.

Se puede diferenciar entre aplicaciones de banda (entre filas) y aplicaciones de áreas variables (ya sea basadas en mapas o en sensores)

Otras opciones técnicas pueden ser ofrecidas a través del uso de la agricultura digital: Actualmente se están desarrollando tecnologías de agricultura digital para predecir, asegurar y mejorar los rendimientos, al tiempo que se optimiza la aplicación de los productos fitosanitarios de una manera más específica, controlada y eficiente (agricultura de precisión). El rápido desarrollo de estas aplicaciones ofrecerá grandes oportunidades para abordar problemas de ambientales, reduciendo el riesgo de drenaje y lixiviación de los productos fitosanitarios debido a la mejora en la toma de decisiones con respecto a la aplicación (espacial y temporal).

Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones, en combinación con modelos de riesgo de infestación, pueden ayudar a optimizar los volúmenes de productos a aplicar, minimizando así la carga total. El control específico de malas hierbas mediante la aplicación localizada basada en el reconocimiento automatizado de vegetación proporciona una oportunidad adicional para lograr una aplicación altamente eficiente.

La geroreferenciación de las zonas vulnerables es otro enfoque prometedor para conocer el riesgo de lixiviación y flujo de drenaje basado en indicadores de riesgo específicos. La creación de mapas puede ayudar a los agricultores y técnicos asesores a la identificación de zonas de alto riesgo, centrando el enfoque de la adopción de medidas de mitigación de riesgos específicas para cada emplazamiento.

¿Qué hacer?

Aplicación en banda

Los cultivos anuales y perennes, que se cultivan en hileras suficientemente grandes, pueden ser tratados sólo para el control de malas hierbas con una barra de aplicación específica. El pulverizador está diseñado para que el cultivo no pueda ser golpeado por el pulverizador a través de dispositivos de protección. Estas técnicas se utilizan con mayor frecuencia para herbicidas no selectivos viñedos. Sin embargo, también en los cultivos en hileras (maíz, girasol) la aplicación en banda de herbicidas selectivos se está realizando con mayor frecuencia

Aplicaciones de áreas variables

El objetivo es tratar únicamente las zonas afectadas (insectos, hongos) de la explotación. Esta estrategia sólo puede recomendarse cuando es posible un control preciso de las plagas y se puede realizar un tratamiento consecutivo con un pulverizador (ya sea manualmente o mediante sensores automáticos).

¿Cómo Hacerlo?

Para poder realizar aplicaciones entre filas de cultivo, es necesario adaptar la tecnología. El blindaje lateral puede ser necesario para evitar daños en los cultivos si se utilizan herbicidas no selectivos, así como adecuar los volúmenes de aplicación en función al área efectiva a tratar.

Es necesario establecer un sistema fiable de monitoreo que permita indicar las zonas que deben ser tratadas. Por tanto, se necesita georeferenciar los datos para que se permita realizar una aplicación selectiva. Las plagas que tienen una gran capacidad de movimiento, como los insectos, son más difíciles de tratar eficazmente utilizando sistemas de aplicación basados en mapas. La aplicación basada en sensores utiliza señales en línea que aportan sensores montados en la maquinaria, detectando las zonas de aplicación al instante. Para el control de malas hierbas, ya existen técnicas basadas en sensores; para otras aplicaciones, la mayoría de los sensores están aún en fase de investigación.

Limitaciones

La implementación de estas tecnologías requiere una alta inversión, en la mayoría de los casos. Por lo tanto, puede no ser rentable para pequeñas explotaciones.

d) Reducción de la dosis de aplicación a través del tratamiento de las semillas

El uso de semilla tratada es uno de los métodos de lucha contra las enfermedades y plagas más responsables en términos de control de la contaminación ambiental por productos fitosanitarios, ya que el tratamiento se recibe antes de la siembra.

Esta tecnología está dirigida a los problemas sanitarios del suelo, así como a la protección sistémica de las plantas.

¿Qué hacer?

Utilizar semillas tratadas para reducir al mínimo la exposición de la materia activa y utilizar la maquinaria adecuada para evitar cualquier deriva de polvo.

¿Cómo Hacerlo?

En la mayoría de los casos, las semillas son tratadas en plantas especializadas. Asegurarse de evitar la deriva de polvo durante la siembra, adquiriendo productos de alta calidad y utilizando la tecnología apropiada.

Limitaciones

Los tratamientos de semillas combinan la elección de las semillas con la materia activa necesaria. Esta tecnología sólo debe utilizarse si existe una alta probabilidad de necesitar la protección química respectiva del cultivo dentro de la campaña.

Tabla 8: Visión general de las medidas para reducir la transferencia de productos fitosanitarios a las aguas subterráneas

CATEGORÍAS	MEDIDAS
Controlar el momento de la aplicación ¹	Evitar la aplicación en los periodos de recarga de los acuíferos o previamente a periodos de lluvia Considerar tratamientos alternativos
Reducir el volumen de aplicación en la explotación ¹	Reducir la tasa de aplicación por área Usar mezcla de productos (diferentes materias activas) Usar aplicaciones divididas Utilizar técnicas de monitoreo de plagas (sensores manuales y automáticos) y tratar únicamente las áreas infestadas (tratamiento por zonas) Usar semillas tratadas
Optimizar la selección de productos fitosanitarios y su rotación en la cuenca ¹	Rotar los productos anualmente en parcelas vulnerables Rotar productos a nivel de cuenca Restringir las aplicaciones en las zonas sensibles
Optimizar la rotación de cultivos	Seleccionar la rotación cultivos para mejorar la sanidad de los cultivos: - alternar cultivos de verano y primavera - considerar cultivos cubierta con Sistema radicular pivotante
Adaptar las prácticas de cultivo ¹	Si la lixiviación es un problema, considerar el uso de labores para evitar la aparición de grandes grietas
Utilizar cultivos cubierta	Seleccionar un cultivo cubierta adecuado en función al cultivo principal - Prestar atención a mantener una buena cobertura del suelo - mantener y manejar adecuadamente los cultivos cubierta - Asegurarse que los cultivos cubierta no interfieren con el cultivo principal
Optimizar las prácticas de riego	Calcular las necesidades de riego Optimizar la programación de riegos en función a la humedad del suelo

¹ Algunas BPA (en cursiva) solo deben usarse como reacción ante aparición de valores inaceptables de plaguicidas críticos

3. Optimizar la selección de productos fitosanitarios y su rotación

a) Rotación de materias activas a nivel de parcela

Si la lixiviación de pesticidas en una cuenca es un problema, es debido a que algunas parcelas aportan estos a las aguas subterráneas. Esta aportación puede ser un proceso a largo plazo (es decir, plurianual), dependiendo de las propiedades de la sustancia y del suelo. Por lo tanto, es recomendable la restricción de los productos críticos, usándose cada dos o tres años. Esto ayudará a reducir la concentración de la sustancia en las aguas subterráneas a largo plazo.

¿Qué hacer?

Si una materia activa se encuentra en concentraciones más altas de las permitidas, se debe rotar su uso en las parcelas con mayor riesgo de aportación del mismo a las aguas, no usándose todas las campañas. Esto puede lograrse mediante la rotación de cultivos y la rotación de productos para cada cultivo.

¿Cómo Hacerlo?

Obtener asesoramiento a través del distribuidor de productos y considerar las distintas alternativas para evitar el uso de la misma materia activa todos los años. Adaptar la rotación de cultivos con el fin de evitar el uso de los mismos productos cada campaña.

b) Rotación de materias activas a nivel de cuenca.

En una cuenca con problemas de lixiviación de pesticidas, varias parcelas pueden aportar estos contaminantes a las aguas subterráneas. Una correcta rotación de cultivos en las parcelas de una cuenca contribuirá a la reducción de la superficie tratada por un mismo producto fitosanitario en una misma campaña. El uso de la materia activa puede ser rotatorio, si hay diversidad para un determinado cultivo con los mismos resultados. Esta práctica disminuirá la probabilidad de que se desarrolle resistencia a las a largo plazo.

¿Qué hacer?

En áreas donde la contaminación del agua subterránea es un problema, se recomienda implementar rotaciones de cultivos de invierno y primavera), asegurándose de que el uso de materias activas críticas no se efectúa en periodos (ver también BPA sobre Rotación de Cultivos). Si uno o dos cultivos son dominantes en una cuenca, el uso de los pesticidas en estos cultivos también debe ser rotatorio entre todos los agricultores que los cultivan.

¿Cómo Hacerlo?

En cuencas con problemas de contaminación de aguas subterráneas por fitosanitarios, el agricultor debe optimizar la rotación de cultivos. Para evitar una proporción demasiado alta de un cultivo en una cuenca, debe buscarse un consenso entre todos los agricultores para que haya diversidad de cultivos. Por lo tanto, se debe buscar una rotación de materias activas entre todos los productores, de manera que se minimicen las aplicaciones simultáneas de plaguicidas críticos. La selección y aplicación de un producto debe basarse en las especificaciones de la etiqueta del mismo.

Limitaciones

Lograr una alta variabilidad de cultivos en una cuenca puede verse obstaculizado por factores económicos y agronómicos. La rotación de productos fitosanitarios para cultivos específicos a veces se ve restringida por la limitada disponibilidad de productos. Se necesita, por tanto, que exista una coordinación a todos los actores que participan en el sector a nivel de cuenca.

c) Selección de materias activas/ Restricción de su uso en las zonas vulnerables

En un número limitado de cuencas, el uso de buenas prácticas agrícolas y el asesoramiento general sobre el manejo y aplicación de los productos fitosanitarios no impedirá que algunos de estos lleguen a contaminar masas de agua subterráneas superando los valores límite legales. (generalmente, este límite se encuentra en 0.1 µg/L, que también es aplicado para aguas de consumo). Los análisis periódicos de la calidad del agua, proporcionan a las administraciones competentes información sobre las materias activas que provocan concentraciones inaceptables en las aguas subterráneas. Además de la contaminación puntual, que debe abordarse con la máxima prioridad, estas situaciones aparecen debido a la combinación de diversos factores a nivel de cuenca que deben ser conocidos. En tales situaciones, se necesitan requisitos especiales para asegurar que las aguas cumplan con los estándares de calidad necesarios.

- Restricciones locales (voluntarias u obligatorias) al uso de productos fitosanitarios en determinadas zonas vulnerables, cuando se considere que una restricción del uso superior a la indicada en la etiqueta es necesaria.
- La no utilización en la zona (voluntaria u obligatoria) de materias activas críticas en determinadas zonas vulnerables porque se considere que el riesgo de superar los valores umbrales es demasiado alto. Las zonas vulnerables para la contaminación por lixiviación pueden ser evaluadas a grandes rasgos utilizando el panel de evaluación de riesgos TOPPS y deben ser corroboradas con asesores locales.

No es posible describir en este documento ningún proceso fijo para decidir qué restricciones locales o requisitos deben aplicarse, ya que esto depende de cada situación

específica. Sin embargo, sobre la base de la experiencia existente, a menudo se pueden encontrar soluciones que garanticen que el uso adaptado de plaguicidas de manera que se conserve la calidad del agua sin afectar a la actividad agronómica.

Las empresas fabricantes de productos fitosanitarios también ofrecen asesoramiento. Tanto a través de la etiqueta del producto o a través de sus canales propios de asesoramiento o distribución.

¿Qué hacer?

Buscar un asesoramiento específico de uso de fitosanitarios para zonas donde la contaminación de aguas por productos fitosanitarios a los acuíferos subterráneos sea un problema.

¿Cómo Hacerlo?

En base a las zonas vulnerables y los productos que se vayan a aplicar, se deben implementar las recomendaciones más viables. Es necesario atenerse a las recomendaciones de las administraciones competentes en la gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, la recomendación principal en la selección y aplicación de plaguicidas en cada cultivo son las recomendaciones de uso que figuran en la etiqueta, lo que garantiza el rendimiento biológico y el cumplimiento de los requisitos legales.

Limitaciones

Las restricciones de uso para una materia activa pueden a veces limitar la eficacia de las alternativas de protección de cultivos restantes para un cultivo determinado. Es recomendable considerar también cambios en la rotación de cultivos.

4. Optimizar la rotación de cultivos

La rotación de cultivos es una práctica agronómica basada en realizar una secuencia de cultivos en la misma parcela a lo largo de los años. Esta práctica da como resultado unos importantes beneficios agronómicos, económicos y ambientales, en comparación con los sistemas de monocultivo. El objetivo principal de la rotación de cultivos es mantener la fertilidad del suelo y la buena salud de las plantas.

Para un agricultor, la selección de la rotación de cultivos es una de las decisiones más importantes que debe tomar, ya que influyen las cargas de trabajo durante la campaña, la rentabilidad a corto y largo plazo, las máquinas necesarias, la fertilidad y la estructura del suelo, las operaciones de cultivo, la acumulación de materia orgánica, la presión de las plagas y tiene consecuencias sobre aspectos medioambientales, tales como el movimiento del agua en el suelo.

Con respecto a la mitigación de la transferencia de productos fitosanitarios a las aguas subterráneas, las rotaciones de cultivos ofrecen las siguientes ventajas:

Mejora la absorción y degradación de las materias activas en el suelo

La mayor parte de la actividad biológica en el suelo se encuentra en la capa superior del suelo, que tiene un mayor porcentaje de materia orgánica. Los altos niveles de materia orgánica favorecen la degradación de las materias activas en el suelo y aumentan la capacidad de adsorción. Los suelos con un alto nivel de restos de cultivos y la inclusión de cultivos cubierta en la rotación contribuyen a aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.

Reduce el uso general de productos fitosanitarios explotando los beneficios del Control Integrado de Plagas.

El monocultivo tiende a acumular enfermedades, plagas y aparición de malas hierbas específicas. Por lo tanto, es una buena

práctica considerar una rotación de cultivos diversa también desde el punto de vista fitosanitario. Las decisiones de rotación de cultivos dependen en gran medida de parámetros económicos que a menudo están fuera de la influencia directa del agricultor.

¿Qué hacer?

Establecer una rotación de cultivos con la mayor diversidad posible, atendiendo a los sistemas de cultivo y las necesidades económicas. Alternar cultivos de invierno y primavera, con distintos tipos de raíces (pivotantes, superficiales) y distintos tipos de cultivos (leguminosas, cereales, oleaginosas...). Las leguminosas en la rotación, aportan beneficios adicionales, ya que incrementan el contenido de nitrógeno en el suelo. Realizar una rotación adecuada depende en gran medida de las condiciones climáticas de la zona y de las características del suelo. La elección de la rotación se debe hacer atendiendo a estos factores y asesorándose con técnicos de la zona.

¿Cómo hacerlo?

Para conseguir un incremento de materia orgánica en el suelo, es necesario mantener los restos del cultivo anterior sobre la superficie del suelo, distribuyéndolo sobre el mismo para que la cobertura sea lo más homogénea posible.

El número de cultivos en la rotación que son huéspedes de los mismos patógenos deberá reducirse al mínimo, ya que de lo contrario podría dar lugar, por ejemplo, a la acumulación de nematodos o reservorios de hongos. El control de malas hierbas, deben ser considerados para la rotación, ya que en algunos cultivos estas se pueden controlar con mayor facilidad que en otros.

Buscar asesoramiento local sobre las opciones de rotación de cultivos y los beneficios conocidos para el control de plagas.



5. Adaptar las prácticas de cultivo

La agricultura de conservación (siembra directa, cubiertas vegetales) es muy efectiva para reducir la transferencia de productos fitosanitarios a las aguas por escorrentía y erosión. Sin embargo, con respecto al flujo hacia aguas subterráneas, hay que mantener especial cuidado en que la estructura del suelo no cree macroporos que faciliten el movimiento de materias activas a través de ellos, que facilite la lixiviación y la transferencia a las aguas subterráneas. Esto significa que la influencia de la reducción de las labores puede, en algunos casos, crear efectos contradictorios entre en la mitigación de la contaminación de aguas superficiales por escorrentía y por lixiviación.

Si existe escorrentía superficial en una parcela, su prevención tiene prioridad sobre la mitigación del flujo lixiviación ya que las concentraciones de pesticidas y las cargas a corto plazo son mayores para los eventos de escorrentía superficial. Además, el control de la erosión es de suma importancia para los agricultores. En consecuencia, la siembra directa sólo debe desaconsejarse si:

(i) No existe escorrentía superficial (lo cual es el mayor problema a mitigar)

(ii) La transferencia de contaminantes a las aguas subterráneas debido a macroporos en esa parcela



¿Qué hacer?

Si la aparecen niveles de contaminantes por encima de los permitidos en aguas subterráneas, realizar una pequeña labor previa a la siembra para romper macroporos superficiales. Esto solo se debe hacer si no existe ningún riesgo de transferencia de producto por escorrentía y erosión, que en este caso se deben usar técnicas de agricultura de conservación.

¿Cómo hacerlo?

En primer lugar, se debe realizar un diagnóstico de riesgo de escorrentía superficial. Si uno de los productos aplicados es preocupante en la cuenca debido a su entrada en las aguas subterráneas y la parcela es diagnosticada como de alto riesgo de lixiviación (ver herramienta de diagnóstico de riesgo de lixiviación), entonces se debe recomendar un mínimo laboreo. Esto es recomendable para parcelas donde el suelo tiende a formar grietas en la superficie.

Limitaciones

La agricultura de conservación (siembra directa y cubiertas vegetales en leñosos) es, además de un método altamente efectivo para el control de la escorrentía y la erosión, beneficiosa para aumentar la fertilidad de un suelo, mejorar la estructura y aumentar el contenido en materia orgánica. Por tanto, la decisión de realizar una labor somera se debe tomar solo si la aparición de una materia activa en las aguas subterráneas hace que se superen los niveles umbrales.



6. Utilizar cultivos cubierta

Los cultivos cubierta deben ser integrados en la rotación de cultivos de las explotaciones, entre los cultivos productivos. Los cultivos cubierta se deben establecer en sistemas extensivos tras la cosecha de los cultivos principales de invierno, eliminándose antes del siguiente cultivo de primavera. En cultivos leñosos se utilizan las cubiertas vegetales en las calles de la plantación para mantener la cobertura del suelo.

Los cultivos cubierta aportan los siguientes beneficios, tanto al agricultor como al medio ambiente:

- Minimización del periodo de suelo desnudo: Protegiendo el suelo ante las adversidades climáticas, además de mejorar la estructura y reducir los riesgos de erosión.
- Equilibra la humedad del suelo mediante la evapotranspiración y protege los suelos de la desecación a través del sombreado.
- Aumenta el contenido de materia orgánica en los suelos y por lo tanto mejora los niveles de nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico, la capacidad de retención de agua del suelo y la estructura del suelo.
- Estimula la actividad biológica del suelo.
- Reducen el riesgo de transferir fertilizantes y fitosanitarios a las aguas subterráneas gracias a un incremento de retención de agua en el suelo.
- Puede mejorar la productividad de los cultivos principal y el beneficio económico, dependiendo de los costes de manejo y establecimiento de los cultivos cubierta.

¿Qué hacer?

Cuatro aspectos clave deben ser considerados en el establecimiento de los cultivos cubierta para que proporcionen beneficios agronómicos y medioambientales.

a) Los cultivos cubierta deben encajar en el manejo

Los cultivos de cubierta deben ser elegidos para que se ajusten al sistema de cultivo y proporcionen los beneficios que el agricultor está buscando. Los cultivos de cobertura se basan a menudo en brasicas, leguminosas, cereales, o alguna combinación de estas especies. Deben encajar a la rotación de cultivos, y las fechas de siembra deben elegirse para asegurar un buen establecimiento, al tiempo que se minimizan los impactos negativos sobre los cultivos comerciales (por ejemplo, la competencia por los nutrientes).

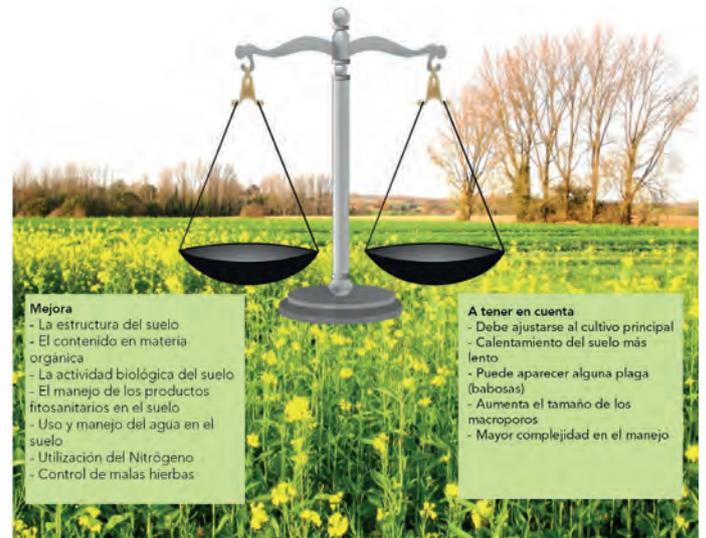


Figura 24: Los cultivos cubierta dan lugar a grandes beneficios si se manejan adecuadamente

b) Los cultivos cubierta solo son beneficiosos si están bien establecidos

Dado que los cultivos cubierta pueden basarse en una mezcla de semillas, se requiere un cuidado especial para garantizar que se siembren adecuadamente. Los cultivos cubierta se pueden sembrar a voleo. Los métodos específicos para establecerlos dependen de la elección de los cultivos de cobertura, el tipo de equipo y las condiciones de campo.

c) Necesidad de manejar los cultivos cubierta

Para obtener todos los beneficios se requiere una buena gestión de los cultivos cubierta, por ejemplo, mediante la siega, la aplicación de fertilizantes, ...

d) Los cultivos cubierta no deben interferir con los cultivos principales

Los cultivos cubierta necesitan, a menudo, ser eliminados antes de establecer los siguientes cultivos principales, lo que puede lograrse naturalmente por heladas durante el invierno, o por siega química o mecánica, dejando que los restos se incorporen al suelo. Esto tiene consecuencias importantes para el establecimiento de los siguientes cultivos. Por ejemplo, la eliminación de cultivos de cobertura en suelos más pesados en primavera pueden necesitar una pequeña labor en la línea de siembra para mejorar la temperatura del suelo (strip till).

¿Cómo hacerlo?

A través de un correcto asesoramiento por parte de profesionales, ingenieros agrónomos, que indiquen cuando y como introducir los cultivos cubierta en la rotación o las cubiertas vegetales en caso de cultivos leñosos. Las recomendaciones generales se pueden encontrar en línea (Ref. 44, 45).

En los cultivos herbáceos, los cultivos cubierta se deben sembrar a finales del verano o en otoño, después de la cosecha de los cultivos de invierno (como el trigo, la cebada y la colza), y se mantendrán hasta que se siembren los cultivos de primavera (como el maíz o el girasol). Especies como la avena y el centeno pueden ser componentes clave en las mezclas de cultivos de cobertura. Se establecen rápidamente y tienen raíces poco profundas, lo que conduce a una transpiración efectiva y promueve el desarrollo de la estructura granular en la superficie del suelo. Los pastos a menudo se mezclan bien con especies de cultivos de cobertura que forman sistemas radiculares más profundos para mejorar la estructura del suelo más abajo. Entre ellas se incluyen las brasicas, pero también pueden incluirse las leguminosas, especialmente las que son aptas para la siembra de otoño, que también potencian la actividad microbiana.

Sin embargo, después de la cosecha de los cultivos de primavera, a menudo es demasiado tarde para sembrar un cultivo cubierta. Alternativamente, se puede sembrar un cultivo de cobertura en el cultivo comercial: Por ejemplo, centeno y las leguminosas pueden introducirse en las líneas del maíz en la etapa de 8 a 10 hojas, cuando ya no existe competencia.

En los cultivos leñosos, la cubierta vegetal es más necesaria para prevenir la escorrentía y la erosión que la transferencia de drenaje, especialmente en climas más secos. En lugares donde hay exceso de agua en lugar de escasez de agua, las cubiertas vegetales favorecen la eliminación de ese exceso de humedad o ayudar a mejorar la calidad de la producción, especialmente en viñedo.

Debido al crecimiento en el interés por implantar cultivos cubierta y cubiertas vegetales en leñosos, están apareciendo, por parte de las casas comerciales, distintas mezclas de semillas que permitan una buena elección atendiendo a las necesidades de las explotaciones. Parte del aumento del

uso de los cultivos de cobertura se debe al hecho de que están incluidos en las superficies de interés ecológico de la PAC de la UE y también pueden ser adecuados para cumplir con el aumento de la diversificación de cultivos en las explotaciones agrícolas.

Eficacia

La eficacia de los cultivos de cobertura para reducir la lixiviación de nitratos en los campos está bien documentada. Los dos procesos clave para explicar la reducción de la lixiviación de N son la absorción de N en el cultivo de cobertura y la transpiración. En principio, los productos fitosanitarios están sujetos a los mismos procesos, aunque la eficacia de la absorción de los plaguicidas es menor que la de reducir la humedad general del suelo. Además, el aumento de la actividad microbiana de la capa superficial del suelo también mejorará en general la degradación de los plaguicidas y reducirá la lixiviación en el suelo.

Limitaciones

Es importante un correcto conocimiento de los cultivos cubierta para realizar un adecuado manejo que reporte los beneficios deseados.

El aumento de la productividad y rentabilidad de los cultivos principales debe ser superior a los costes de manejo del cultivo de cobertura (incluidos los costes descontados debidos a cualquier subvención).

La mano de obra adicional para manejar los cultivos de cobertura puede no estar disponible, particularmente si se limita en el tiempo de siembra, por lo que esto debe ajustarse a los requisitos de manejo de la finca.

Los cultivos de cobertura generalmente aumentan la transpiración del suelo, por lo que se debe controlar la humedad del suelo, para que no lo desequen excesivamente previo a la siembra del cultivo principal. El momento correcto en la siega del cultivo cubierta y las cubiertas vegetales es, por tanto, clave para que no exista competencia.

En las zonas más húmedas, la presencia de un cultivo de cobertura próximo a la siembra del cultivo de primavera puede provocar que la capa superior del suelo esté dema-

siado húmeda y, por lo tanto, no tenga una temperatura adecuada, lo que retrasa la emergencia. También en estos casos, puede ser necesario considerar una eliminación más temprana de esta cubierta.

Por otra parte, los cultivos cubierta bien seleccionados y manejados pueden eliminar malas hierbas malezas, nematodos u otras plagas y enfermedades.



7. Optimizar las prácticas de riego

El riego puede contribuir incremento de flujo de drenaje de productos fitosanitarios, si se realiza en exceso a las necesidades del cultivo, o sin atender a la capacidad de retención de agua del suelo.

Existen varios sistemas de riego: inundación, surcos, aspersión, goteo. Cada sistema utiliza distintos volúmenes de agua para alcanzar la misma eficiencia.

¿Qué hacer?

Para minimizar el movimiento del agua en los suelos hacia los acuíferos, es fundamental una correcta gestión del riego, que tenga en cuenta humedad del suelo, la capacidad de retención de agua y las necesidades hídricas de los cultivos en cada momento del ciclo.

¿Cómo hacerlo?

Como punto de partida es necesario el conocimiento diario de la humedad del suelo y la evapotranspiración del cultivo, así como las condiciones climáticas. A partir de estos datos, se pueden calcular las necesidades diarias de agua de los cultivos. Para la gestión de los procesos de riego se dispone de herramientas técnicas, así como de sistemas de apoyo a la toma de decisiones basados en la tecnología de la información. Los desagües de drenaje deben ser revisados regularmente durante la temporada de riego para asegurarse de que no se desencadenan eventos de drenaje artificial en el suelo.

A

Adsorción

Proceso físico o químico por el cual una sustancia (átomos, iones o moléculas) es atrapada o retenida en la superficie de los agregados del suelo.

Agua no disponible/ Agua bloqueada

Agua retenida en el suelo, que no tiene movilidad y no puede ser usada por las plantas

Agregados del suelo

Un agregado de suelo es un grupo de partículas primarias del suelo que se adhieren entre sí.

Agricultura de Conservación

La agricultura de conservación es un sistema de cultivo que fomenta el mantenimiento de una cobertura permanente de los suelos, alteración mecánica mínima del suelo (es decir, cultivo sin laboreo) y la diversificación de especies vegetales.

Basado en tres principios (FAO):

- Mínima alteración mecánica del suelo
- Cobertura permanente del suelo
- Rotación de cultivos

(Mas informacion:www.agriculturadeconservacion.org)

B

BPA

Buenas Prácticas Agrícolas

C

Capacidad de almacenamiento de agua

Volumen de agua que se retiene en el suelo

D

Diagnostico del riesgo

Proceso por el que se identifican y evalúan los posibles problemas

Directiva Marco de Aguas

Directiva que regula la política de aguas en la UE.

Drenaje

El drenaje es la eliminación natural o artificial del agua en exceso sobre una superficie. El drenaje natural del suelo suele ser suficiente para eliminar este exceso, pero en algunos suelos se necesita un drenaje artificial para conseguir evacuar el agua que hay en exceso en el suelo.

EQS

Directiva europea que establece las normas de calidad ambiental con respecto a los sustancias contaminantes, con el fin de alcanzar niveles optimos tanto químicos como ecológicos de las aguas superficiales

Estándar de calidad del agua potable

Describe los parámetros de calidad del agua para consume humano de cada país, por ejemplo, la UE o la OMS. Incluso cuando existen y se aplican normas, la concentración permitida de componentes individuales puede variar hasta diez veces de un conjunto de normas a otro.

Evaporación

La evaporación es el proceso por el que el agua líquida se convierte en un gas y se pierde de la superficie en la que se encuentra.

Flujo de drenaje

Volumen de agua transportado por un sistema de drenaje

Flujo preferencial

El flujo preferencial se refiere al movimiento desigual y a rápido del agua y los solutos a través del suelo por macroporos

KD coeficiente de adsorción del suelo/ KOC Coeficiente de adsorción de carbono orgánico

Los coeficientes de adsorción del suelo K_d y el coeficiente de adsorción de carbono orgánico del suelo KOC de los plaguicidas son parámetros básicos utilizados para describir el comportamiento de los plaguicidas. Son una medida de la fuerza de adsorción de los plaguicidas en los suelos y otras superficies geosorbentes en la interfase agua/sólidos, y por lo tanto están directamente relacionados tanto con la movilidad ambiental como con la persistencia: R.D.Wauchope et al 2012

Lixiviación

La lixiviación es un problema ambiental natural cuando contribuye a la contaminación de las aguas subterráneas. A medida que el agua de lluvia se filtra en el suelo, puede disolver los productos químicos y llevarlos a las masas de agua subterránea.

E

F

K

L

M

Manejo de los riesgos

Identificación, evaluación y priorización de riesgos, seguida de la aplicación coordinada y económica de recursos para minimizar, monitorear y controlar la probabilidad o el impacto de los mismos. (ISO 31000)

Materia orgánica en el suelo

La materia orgánica de los suelos es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte. La materia orgánica del suelo proporciona numerosos efectos positivos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

P

PAC

Política Agraria Común

Panel de evaluación

En el contexto de este documento , herramienta para la toma de decisiones.

Periodo de semidesintegración DT 50

Tiempo necesario para que se reduzca a la mitad una concentración de una sustancia

Permeabilidad

La permeabilidad es la velocidad con la que el agua puede fluir perpendicularmente a través del perfil del suelo. Este valor es variable en función del tipo de suelo y sus propiedades.

Potencial matricial pF

Mida la fuerza con la que el agua está ligada al suelo. A valores de pF > 4,2 las plantas ya no pueden extraer agua

Producto Crítico

Propiedades de los plaguicidas que, en combinación con factores externos específicos, provocan valores inaceptables de concentración en aguas.

Punto de marchitez permanente

Es el punto de humedad mínima en el cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica aunque la humedad ambiental sea saturada.

Saturación del suelo

Cuando todos los poros de agua se encuentran llenos de agua, impidiendo la entrada de aire.

Subsolado

Labor agrícola en profundidad con el fin de descompactar el suelo y favorecer el drenaje.

Sustancias prioritarias

Sustancias enumeradas en la Directiva sobre normas de calidad ambiental (Directiva 2008/105/EC)

Textura del suelo

Clasificación del suelo en función a la cantidad de arena, limo y arcilla que posee.

Transpiración

La transpiración es el proceso de movimiento del agua a través de una planta y su evaporación desde las partes aéreas, como hojas, tallos y flores.

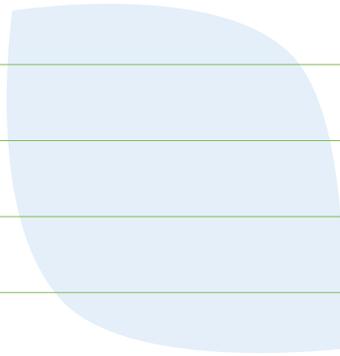
S

T

REFERENCIAS

- 01 www.TOPPS-life.org/ www.proyectotopps.es
- 02 www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/office/ssr7/profile/?cid=nrcs142p2_047970
- 03 www.science-scene.org/blog/exploring-soil-texture
- 04 <https://extension.psu.edu/soil-quality>
- 05 [https://de.wikipedia.org/wiki/Porenvolumen_\(Boden\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Porenvolumen_(Boden))
- 06 <http://soilquality.org.au>
- 07 Saxton and Rawls, 2006
- 08 <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/09-soil-water-dynamics-103089121>
- 09 <http://soilandwater.bee.cornell.edu/research/pfweb/educators/intro/macrowflow.htm>
- 10 <http://www.voluntaryinitiative.org.uk/>
- 11 Arvalis pers. information
- 12 www.enorasis.eu/uploads/files/Water%20Governance/5.JRC46748_Report_Irrigation_EUR_23453_EN.pdf
- 13 M. Robinson 1990: Impact of improved land drainage on river flows, Report 113; Inst Hydrology Robinson 1990
- 14 www.landcareresearch.co.nz/publications/newsletters/soil/issue-24/productive-pastures
- 15 TOPPS_ www.TOPPS-life.org
(Arvalis Institut du Végétal)
- 16 Alletto L, et al. (2012). Tillage and fallow period management effects on the fate of the herbicide isoxaflutole in an irrigated continuous-maize field. *Agriculture Ecosystems & Environment* 153:40-49.
- 17 Buhler DD, et al. (1993). Water quality – atrazine and alachlor losses from subsurface tile drainage of a clay loam soil. *Journal of Environmental Quality* 22:583-588.
- 18 Clay SA, et al. (1998). Application method: impacts on atrazine and alachlor movement, weed control, and corn yield in three tillage systems. *Soil & Tillage Research* 48:215-224.
- 19 Elliott, J.A., et al. (2000). Leaching rates and preferential flow of selected herbicides through tilled and untilled soil. *Journal of Environmental Quality* 29:1650-1656.
- 20 Essington, M.E., D.D. Tyler, and G.V. Wilson (1995). Fluometuron behavior in long-term tillage plots. *Soil Science* 160:405-414.
- 21 Fomsgaard, I.S., N.H. Spliid, and G. Felding (2003a). Leaching of pesticides through normal-tillage and low-tillage soil - A lysimeter study. I. Isoproturon. *Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes* 38:1-18.
- 22 Fomsgaard, I.S., N.H. Spliid, and G. Felding (2003b). Leaching of pesticides through normal-tillage and low-tillage soil - A lysimeter study. II. Glyphosate. *Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes* 38:19-35.
- 23 Fortin, J., et al. (2002). Preferential bromide and pesticide movement to tile drains under different cropping practices. *Journal of Environmental Quality* 31:1940-1952.
- 24 Gaynor JD, Mactavish DC, Findlay WI (1992). Surface and subsurface transport of atrazine and alachlor from a Brookston clay loam under continuous corn production. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 23:240-245.
- 25 Gaynor JD, Mactavish DC, Findlay WI (1995). Atrazine and metolachlor loss in surface and subsurface run-off from 3 tillage treatments in corn. *Journal of Environmental Quality* 24:246-256.
- 26 Gaynor, J.D., et al. (2001). Tillage, intercrop, and controlled drainage-subirrigation influence atrazine, metribuzin, and metolachlor loss. *Journal of Environmental Quality* 30:561-572.
- 27 Gish, T.J., et al. (1991). Impact of pesticides on shallow groundwater quality. *Transactions of the Asae* 34:1745-1753.
- 28 Gish, T.J., et al. (1995). Herbicide leaching under tilled and no-tillage fields. *Soil Science Society of America Journal* 59:895-901.

- 29 Giuliano, S., et al. (2016). Low-input cropping systems to reduce input dependency and environmental impacts in maize production: A multi-criteria assessment. *European Journal of Agronomy* 76:160-175.
- 30 Hall, J.K. and R.O. Mumma (1994). Dicamba mobility in conventionally tilled and non-tilled soil. *Soil & Tillage Research* 30:3-17.
- 31 Hall, J.K., R.O. Mumma, and D.W. Watts (1991). Leaching and run-off losses of herbicides in a tilled and untilled field. *Agriculture Ecosystems & Environment* 37:303-314.
- 32 Isensee, A.R., R.G. Nash, and C.S. Helling (1990). Effect of conventional vs no-tillage on pesticide leaching to shallow groundwater. *Journal of Environmental Quality* 19:434-440.
- 33 Isensee, A.R. and A.M. Sadeghi (1995). Long-term effect of tillage and rainfall on herbicide leaching to shallow groundwater. *Chemosphere* 30:671-685.
- 34 Kanwar, R.S., T.S. Colvin, and D.L. Karlen (1997). Ridge, moldboard, chisel, and no-till effects on tile water quality beneath two cropping systems. *Journal of Production Agriculture* 10:227-234.
- 35 Logan, T.J., D.J. Eckert, and D.G. Beak (1994). Tillage, crop and climatic effects on run-off and tile drainage losses of nitrate and 4 herbicides. *Soil & Tillage Research* 30:75-103.
- 36 Masse, L., et al. (1996). Tile effluent quality and chemical losses under conventional and no tillage .2. Atrazine and metolachlor. *Transactions of the Asae* 39:1673-1679.
- 37 Masse, L., et al. (1998). Groundwater quality under conventional and no tillage: II. Atrazine, deethylatrazine, and metolachlor. *Journal of Environmental Quality* 27:877-883.
- 38 Potter, T.L., D.D. Bosch, and T.C. Strickland (2015). Tillage impact on herbicide loss by surface run-off and lateral subsurface flow. *Science of the Total Environment* 530:357-366.
- 39 Ritter, W.F., A.E.M. Chirnside, and R.W. Scarborough (1996). Movement and degradation of triazines, alachlor, and metolachlor in sandy soils. *Journal of Environmental Science and Health Part a-Environmental Science and Engineering & Toxic and Hazardous Substance Control* 31:2699-2721.
- 40 Rothstein, E., et al. (1996). Atrazine fate on a tile drained field in northern New York: A case study. *Agricultural Water Management* 31:195-203.
- 41 Steenhuis, T.S., et al. (1990). Preferential movement of pesticides and tracers in agricultural soils. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-Asce* 116:50-66.
- 42 Watts, D.W. and J.K. Hall (1996). Tillage and application effects on herbicide leaching and run-off. *Soil & Tillage Research* 39:241-257.
- 43 Weber, J.B., K.A. Taylor, and G.G. Wilkerson (2006). Soil cover and tillage influenced metolachlor mobility and dissipation in field lysimeters. *Agronomy Journal* 98:19-25.
- 44 <https://cereals.ahdb.org.uk/media/655816/is41-opportunities-for-cover-crops-in-conventional-arable-rotations.pdf>;
- 45 http://www.agricology.co.uk/sites/default/files/NIAB-TAG%20Cover%20Crops_lowres.pdf.
- 46) Van der Molen, W.H., Martínez Beltrán, J., Ochs, W.J. (2007). Guidelines and computer programs for the planning and design of land drainage systems. *FAO Irrigation and Drainage Paper 62*, Food and Agriculture Organisation, Rome, Italy, p230.
- 47 EU-Life Artwet project (LIFE 06 ENV/F/000133).
- 48 R Don Wauchope, Simon Yeh, Jan BHJ Linders, Regina Kloskowski, Keiji Tanaka, Baruch Rubin, Arata Katayama, Werner Kordel, Zev Gerstl, Michael Lane, John B Unsworth
Pesticide soil sorption parameters: theory, measurement, uses, limitations and reliability. *Pest Manag Sci.* 2002; 58(5); 419-45.



A series of 20 horizontal green lines spanning the width of the page, providing a template for writing.



European Crop Protection Association
E.C.P.A.
6 Avenue E. Van Nieuwenhuyse,
B-1160 Brussels, Belgium.
tel: +32 2 663 15 50
fax: +32 2 663 15 60
ecpa@ecpa.eu



Universidad de Córdoba
Departamento de Ingeniería Rural
Grupo de investigación AGR-126
"Mecanización y Tecnología Rural"
Tfno: +34 957 218 322
emilio.gonzalez@uco.es
julio.roman@uco.es



AEPLA.
Asociación Empresarial para
la Protección de las Plantas
Tfno.: +34 91 310 02 38
Fax. +34 91 319 77 34
comunicacion@aepla.es
twitter: @aepla_asoc