



MOSOEX

materia orgánica - gestión sostenible

GRUPO OPERATIVO MOSOEX.

ACTIVIDAD 3.

ESTABLECIMIENTO DEL CATÁLOGO DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE SUELOS.

ÍNDICE.

1. Introducción

2. Objetivos generales de la gestión de los suelos agrícolas.

- 2.1. Aumento del contenido de carbono en el suelo.
- 2.2. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- 2.3. Reducción de la erosión.
- 2.4. Mejora de las propiedades del suelo.

3. Medidas seleccionadas.

- 3.1. Mínimo laboreo.
- 3.2. Siembra directa.
- 3.3. Rotación de cultivos.
- 3.4. Racionalización del abonado mineral.
- 3.5. Incorporación de materia orgánica al suelo.
- 3.6. Agricultura ecológica.
- 3.7. Reducir el tiempo con suelo desnudo.

1. Introducción

En primer lugar, es necesario destacar que, como consecuencia del clima mediterráneo que caracteriza a muchas zonas de España, las precipitaciones son escasas y se reparten irregularmente a lo largo del año. Por ello hay que destacar la gran variabilidad del régimen de precipitaciones, tanto en la cuantía total como en el reparto por estaciones, con amplias sequías principalmente al final de la primavera y en los meses de verano, y episodios frecuentes de lluvias torrenciales, que pueden ser en verano o en los meses de invierno.

Si bien es cierto, que la media anual se sitúa sobre los 650 mm anuales, alrededor del 32% del territorio solo recibe una precipitación anual situada entre 300 y 500 mm, mientras que en la zona del sureste español la cifra se sitúa por debajo de los 300 mm. Por otro lado, las elevadas pérdidas de agua por evapotranspiración contribuyen a acentuar esta aridez.

Pero además una característica muy importante de estos ambientes es la variabilidad interanual y anual de la pluviometría. Es esta variabilidad y no la baja pluviometría la que representa el mayor reto para la productividad de estos sistemas agrícolas, que afecta a los rendimientos de los cultivos anualmente y genera un modelo gráfico de diente de sierra, típico de estos ambientes. De ello se deduce que, en estos agrosistemas, existe una baja eficiencia de los fertilizantes químicos, por lo que muchos años no son utilizados por los cultivos, con el consiguiente perjuicio en el balance económico y un daño ambiental como contaminante.

Los suelos agrícolas son la base para la producción de los alimentos de una población mundial en continuo crecimiento. Según las previsiones, en el año 2050 la población mundial alcanzará los 9.000 millones de habitantes. Como es posible observar, el reto de la producción de alimentos es muy grande, y para ello necesitamos, no solo aumentar esa capacidad de producción, además debemos



hacerlo de una manera sostenible. Es por ello por lo que la gestión de suelos está en la agenda política de todos los acuerdos internacionales, siendo necesario realizar un esfuerzo para mejorar este aspecto en nuestro país.

La radiografía actual de los suelos españoles aporta información preocupante acerca de su potencial a medio y largo plazo. Los efectos en el suelo sólo se pueden analizar a largo plazo, y en muchos casos el gestor de los mismos no es consciente del proceso en el que se encuentran. Además, los efectos del cambio climático en el régimen de temperaturas y de precipitaciones todavía nos exponen a unas condiciones peores.

Esta situación de partida nos obliga a plantear un cambio conceptual del modelo de gestión de suelos, con el objetivo principal de mejorar la estructura y contenido de Materia Orgánica de los mismos, en aras de mejorar su funcionalidad y alcanzar una mayor resistencia y resiliencia ante las perturbaciones, entre ellas, la erosión y el cambio climático.

Además, la diversidad de nuestro país, en cuanto a tipo de suelos, precipitaciones, temperaturas, orografía, etc., nos obliga a realizar un mayor esfuerzo para aportar resultados que se puedan extrapolar a la mayor parte del territorio español.

Las mejores prácticas agrícolas deben, por tanto, tender a un mejor aprovechamiento productivo de las condiciones del suelo, pero sin dejar de lado el aspecto medioambiental, de tal forma que estas prácticas no generen una degradación de los recursos suelo y agua y tampoco una pérdida de la capacidad productiva de los sistemas agrarios.

El suelo es un recurso natural fundamental en estos ambientes, ya que la vida tal y como la conocemos depende de él. Es un recurso no renovable que proporciona multitud de servicios ecosistémicos esenciales para la vida en la tierra y la



economía, como son la producción de alimentos y fibras, el almacenamiento, filtrado y transformación de muchas sustancias como el agua, carbono, nitrógeno, entre otras, la purificación del agua y reducción de contaminantes, la regulación del clima y de las inundaciones, etc. De acuerdo con la Comisión Europea (CE), estas funciones son dignas de protección por su importancia socioeconómica y ambiental (COM (2006) 231 final). Aunque los ciudadanos perciben el suelo como un recurso abundante, en realidad está sometido a una degradación que es generalmente invisible, ya que es un proceso lento en el que los efectos negativos inmediatos rara vez ocurren o no son percibidos con la gravedad que merecen. La erosión, la pérdida de materia orgánica y de biodiversidad, la salinización, la contaminación, la compactación, el sellado, los deslizamientos de tierra, etc., son problemas que afectan seriamente a sus funciones y, por tanto, a los servicios ecosistémicos esenciales que prestan.

A nivel global, el suelo contiene dos veces más carbono (C) que la atmósfera y casi 4 veces más que lo almacenado en la vegetación terrestre (IPCC, 2013). La estimación global de C en el suelo de 0-2 m de profundidad se estima que es del orden de 2400 Gt C (Batjes, 1996), mientras que las emisiones de C desde fuentes fósiles es de 8.9 Gt año⁻¹. El manejo convencional del suelo en zonas agrícolas de zonas áridas y semiáridas, como las del Mediterráneo, está promoviendo una disminución del carbono orgánico del suelo (COS), por mineralización de la materia orgánica y/o erosión.

Este hecho influye muy negativamente en la fertilidad del suelo y en sus propiedades físicas como la estabilidad estructural, lo que a su vez aumenta los riesgos de degradación y de erosión, y en consecuencia una mayor pérdida de suelo. A pesar de lo anterior, los suelos agrícolas de estas zonas tienen un elevado potencial para modificar los flujos de carbono y conseguir que aumente su contenido en los mismos, ya que están muy alejados de su potencial de saturación. La estrategia del 4 por mil se fundamenta en esta posibilidad, abogando por la adopción de buenas prácticas agrarias que incrementen de

manera anual, el contenido de C en el suelo (COS) un 0,4%, compensando así las emisiones de CO₂ (<http://www.4p1000.org>). El secuestro de C orgánico en el suelo se ha considerado como una posible solución a la mitigación del cambio climático al transferir parte del CO₂ atmosférico a formas estable de C en el suelo. Considerando solamente los suelos agrícolas, un incremento de 0,4% de C al año en suelos podría secuestrar en torno a 2-3 Gt año⁻¹ lo que supone una reducción de las emisiones antropogénicas globales en torno al 20-35% (Minasny et al. 2017).

En un estudio realizado para el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Rodríguez Martín *et al.* (2009), determinaron el porcentaje medio de Materia Orgánica en cada provincia, a través del análisis de más de 4.000 muestras de suelo repartidas por toda la geografía nacional. El resultado fue concluyente respecto al mal estado de los suelos a nivel nacional. Así, los suelos de 16 provincias tenían un porcentaje de COS por debajo del 1%, y 28 provincias entre el 1% y el 2%, dibujando un panorama en el que 44 provincias, un 88%, están en riesgo de pérdidas importantes en la calidad de sus suelos.

En lo relativo a la erosión, son múltiples los efectos negativos a corto y a largo plazo como consecuencia de la acción que lleva a cabo tanto el agua de la lluvia como el viento. Tras una precipitación de gran intensidad, se hace evidente la formación de regueros, el arrastre de semillas y enterrado de plantas, el descalce de árboles, el relleno de zanjas, la turbidez de las aguas, la eutrofización, etc. Pero es sobre todo la pérdida de suelo, en un proceso lento, progresivo e irreversible, el que merma su funcionalidad y compromete su productividad en el medio y largo plazo. La agresividad del clima, el tipo de suelo, y la presencia o no de cubierta vegetal, son los elementos más destacados para definir el nivel de riesgo de erosión en un territorio. En las últimas décadas se están produciendo ciclos más continuos de condiciones climatológicas más favorables para la aparición de episodios fuertes de erosión.

2. Objetivos generales de la gestión de los suelos agrícolas.

La gestión de suelos, debe enfrentarse con una visión integral, cuyos objetivos deben ser el incremento de la materia orgánica de los suelos, con la correspondiente mejora de la estructura y productividad del suelo a medio plazo y la reducción de las pérdidas por erosión, así como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, alineándose con las políticas de conservación de suelos europeas y españolas y la estrategia 4 por mil frente al cambio climático.

2.1. Aumento del contenido de carbono en el suelo.

De esta manera las prácticas ejecutadas por los agricultores estarán encaminadas hacia la consecución de los objetivos de la estrategia internacional del 4 por mil a la que España ha mostrado su apoyo. Además, este aspecto es clave para mejorar el resultado de los puntos que se analizan posteriormente. En cualquier caso, la implementación efectiva de esta estrategia requiere tiempo y en un escenario optimista es previsible que se necesiten al menos 10-20 años.

Es fundamental tener en cuenta en el incremento neto del COS, la cantidad aportada y su calidad, especialmente su relación C/N. El C finalmente secuestrado en estructuras orgánicas tiene que tener una composición próxima a la de las materias húmicas del suelo (10-12) por lo que su eficacia va a depender de conseguir esta relación en aporte. También los factores indirectos asociados con el cultivo y la comarca agrícola, como la precipitación (cantidad y distribución) y el tipo de suelo y sus propiedades (profundidad, pH, textura, etc.) afectan a la efectividad de las medidas.

2.2. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Es necesario plantear estrategias que promuevan la mitigación de emisiones de N₂O si se quiere mantener el efecto positivo del secuestro de C en el cómputo global de gases de efecto invernadero (GEI), el denominado potencial de calentamiento global (GWP, en inglés). La emisión de N₂O supone una importante pérdida de eficiencia en la disminución del GWP, por lo que ambos el secuestro de C y la reducción de N₂O tienen que ir unidas.

2.3. Reducción de la erosión.

La reducción de la erosión del suelo es un reto urgente para nuestra agricultura y, muy especialmente, en los sistemas extensivos. La erosión del suelo supone una pérdida de C y nutrientes y, por tanto, contrarresta los efectos beneficiosos del secuestro de C.

2.4. Mejora de las propiedades del suelo.

El incremento en el contenido de materia orgánica en el suelo lleva aparejado una mejora en un gran número de propiedades del suelo. A nivel químico, supone una mejora de la capacidad tampón del suelo frente a cambios de pH, el aumento de la capacidad de retención de nutrientes, además de constituir una fuente de liberación lenta de nutrientes y reducir la toxicidad de contaminantes potenciales. A nivel físico, mejora la agregación y estabilidad estructural del suelo con importantes beneficios en la capacidad de retención de agua, infiltración, drenaje y aireación del suelo, así como resistencia a la erosión. Todo ello mejorando la capacidad del suelo para aumentar la resistencia de los cultivos en secano a periodos prolongados de sequía y al aumento de la temperatura. Por último y no menos importante, el aporte de compuestos orgánicos al suelo estimula la actividad biológica y la biodiversidad, imprescindible para el reciclado de nutrientes y esencial en el intercambio gaseoso y emisión de gases de efecto invernadero. Cabe destacar que en el suelo existe una fuerte interacción entre materia orgánica, biota y estructura, de tal manera que la materia orgánica fresca estimula la biota del suelo, que a su vez transforma la materia orgánica en formas más resistentes y estimula la agregación del suelo. Es precisamente en los agregados del suelo donde queda protegido físicamente el COS propiciando su secuestro a largo plazo. Por tanto, una adecuada gestión del suelo y un incremento de la materia orgánica tienen como resultado una cadena de mejoras a todos los niveles con importantes beneficios en los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria.

3. Medidas seleccionadas.

En función de las condiciones climatológicas, del tipo de suelo, etc., será necesario adaptarse para alcanzar dichos requisitos,

En general las prácticas que se proponen para mejorar la calidad de los suelos son las siguientes:

- Mínimo laboreo.
- Siembra directa.
- Rotación de cultivos.
- Racionalización del abonado mineral.
- Incorporación de materia orgánica al suelo.
- Agricultura ecológica.
- Reducir el tiempo con suelo desnudo.

3.1. Mínimo laboreo.

“Práctica agronómica de agricultura de conservación en cultivos anuales, en la que las únicas labores de alteración del perfil del suelo que se realizan son de tipo vertical y, al menos, el 30% de su superficie se encuentra protegida por restos vegetales.”

Con esta técnica se consigue que el suelo reciba la menor manipulación necesaria para el cultivo. El suelo se apelmaza menos, por lo que tarda más en aparecer la suela de labor, es decir, se evita la compactación del suelo. Los residuos se dejan en el suelo, por lo que se amortigua el peso de la maquinaria. Ayuda a reducir emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Se reducen las pérdidas por erosión por la presencia de restos vegetales.

Es necesario que el agricultor reciba la formación necesaria, para su puesta en marcha y ser capaz de afrontar los inconvenientes que pueden surgir, como la gestión de malas hierbas o de los residuos de la cosecha anterior.

3.2. Siembra directa.

“Práctica agronómica de agricultura de conservación en cultivos anuales, en la que no se realizan labores; al menos el 30% de su superficie se encuentra protegida por restos vegetales, y la siembra se realiza con maquinaria habilitada para sembrar sobre los restos vegetales del cultivo anterior.”

Como elementos más destacados encontramos la mejora de la retención de agua por el suelo, y la reducción de las pérdidas por escorrentía. Mejora el contenido de materia orgánica del suelo, y reduce la erosión. Nos encontramos ante una medida de mitigación y de adaptación al cambio climático.

Como en el caso anterior, es fundamental hacer hincapié en la formación del agricultor para contrarrestar algunos inconvenientes, como la gestión de las malas hierbas, o las dificultades asociadas a suelos con estructura no muy buena o excesivamente compactados.

3.3. Rotación de cultivos.

Consiste en cultivar diferentes especies vegetales en secuencia en un mismo lugar, con necesidades nutritivas distintas, equilibrando de esta manera los nutrientes disponibles en el suelo.

Mediante esta práctica se consigue aumentar los recursos naturales de los suelos, evitando su agotamiento, y por tanto mejorando la salud y la calidad del suelo y la productividad y rentabilidad de la explotación agraria.

Es indudable el efecto beneficioso de una buena rotación, y el carácter mejorante de determinadas especies vegetales. El aporte de cada cultivo debe tenerse en cuenta a la hora de establecer el plan de fertilización.

Además se disminuye el uso de productos fitosanitarios al ser más fácilmente controlables las plagas y enfermedades.

Para llevar a cabo una correcta rotación de cultivos es necesaria una mayor planificación de la explotación. En la medida en que significa la entrada de



cultivos nuevos, es necesario tener en cuenta el acceso al mercado de esos nuevos cultivos y su comercialización.

3.4. Racionalización del abonado mineral.

El coste de la fertilización supone un factor muy importante del coste total de producción.

Optimizar la fertilización, especialmente nitrogenada, teniendo en cuenta estos aportes, es un reto fundamental para la sostenibilidad de los sistemas, ya que un exceso de nitrógeno (N surplus) supone un riesgo ambiental por las pérdidas de este elemento hacia el agua y la atmósfera.

En el caso de estrategias basadas en insumos internos (siembra directa, cultivos de cobertura, etc.), y al igual que ocurre con los sistemas convencionales se requiere un aporte racional de fertilizantes nitrogenados (minerales u orgánicos) que hagan sostenible el cultivo, manteniendo rendimientos apropiados. A su vez, resulta necesario plantear estrategias que promuevan la reducción de las emisiones de N_2O con el fin de mantener el efecto positivo del secuestro de C en el cómputo global de gases de efecto invernadero. En este sentido las estrategias deben combinar una dosificación del N aportado en base a las necesidades reales del cultivo, la elección de fuentes nitrogenadas con menor potencial de emisiones, como ocurre en cultivos de zona mediterránea cuando se aporta nitrato amónico en vez urea, o también promover el uso de inhibidores de la nitrificación, que pueden llegar a reducir hasta un 72% las emisiones de N_2O por cada kg de N aplicado (Cayuela et al 2017). Igualmente puede resultar interesante tener en cuenta el impacto de la introducción de fertilizaciones alternativas (e.g., biofertilizantes) que promuevan una mejora de la microbiología del suelo, y por tanto de su estructura.

Otro aspecto positivo que influye en la fertilidad es la liberación de nutrientes que se produce por mineralización lenta de la materia orgánica. Esto supone un aporte gradual de nutrientes, que suele reducir pérdidas ahorrando fertilizantes, y en

algunos casos como ocurre con el P o con los micronutrientes, se aumenta el periodo de disponibilidad y por tanto de eficiencia.

Aspectos a considerar en la estrategia de fertilización:

- Realizar análisis de suelo. Mapas de suelo
- Fraccionar aplicaciones del abonado sólido y Fertirrigación
- Utilizar el Big Data para las aplicaciones variables del abonado
- Fertilización orgánica

Realizar análisis de suelo.

La base de una correcta fertilización parte del conocimiento de la propia explotación, del tipo de suelo y las necesidades que presenta cada campaña. Los análisis de suelos son fundamentales para ajustar la fertilización a la necesidad del cultivo y a la fertilidad del suelo.

Es una medida óptima para utilizar en cada aplicación el tipo de abono más idóneo al momento y condiciones de aplicación.

Siempre ha sido importante conocer la fertilidad del suelo, pero en un escenario de cambio climático con posible reducción de los rendimientos, con mayores pérdidas de fertilización como consecuencia de las mayores tasas de erosión, se hace fundamental ajustar las aplicaciones de fertilizantes a las necesidades reales de los cultivos en función de la fertilidad del suelo.

Particularmente es interesante, como sustento de tecnologías de aplicación variable de fertilizantes, agua y dosis de semilla, poder contar con un mapeo de suelo que aporte información sobre la textura y los principales macronutrientes del suelo.

Fraccionar aplicaciones del abonado sólido

Se propone esta medida para intentar ajustar las prácticas de abonado a la nueva realidad derivada de la incertidumbre en los rendimientos. De manera general en las explotaciones de cultivos herbáceos extensivos la práctica habitual consiste en

repartir el abonado en dos aplicaciones, que normalmente no tienen en cuenta la expectativa final de rendimientos.

En ambientes de secano con rendimientos bajos, ésta práctica puede presentar más inconvenientes que ventajas, ya que el posible ahorro se perdería con el gasto de una labor adicional, además del incremento de emisiones. En estos casos puede ser suficiente con ajustar de manera adecuada la dosis de fertilizante en base a la expectativa de cosecha.

En el resto de situaciones, con el establecimiento de al menos tres aplicaciones de fertilizantes se puede corregir en parte la situación descrita al inicio. Con ello podemos adecuar las dosis y aplicación a las necesidades de la planta y a las expectativas reales de cosecha.

En un contexto de cambio climático, la incertidumbre en la evolución de la cosecha aumenta; por tanto, cuantas más aplicaciones y cuanto más se extienda en el tiempo la capacidad de aplicar fertilizantes, mejor se podrá ajustar la dosis final a las expectativas reales del cultivo.

Utilizar el Big Data para las aplicaciones variables del abonado

Se propone utilizar equipos de aplicación variable de abonado tanto sólido como líquido, apoyados en mapas de rendimientos y mapas de suelos. Una variante la tenemos si además se tienen en cuenta las necesidades reales de los cultivos a partir de diferentes sistemas de monitorización de los mismos.

Consiste en aplicar una dosis diferente de fertilizante en cada zona de una misma parcela, siguiendo un criterio determinado. Para ello se pueden dividir las parcelas según los rendimientos de cada zona determinada y aplicar dosis diferentes en ellas.

La dosis variable podrá ser en función del tipo de suelo o de las necesidades reales de las plantas.

Esta medida permitiría ahorrar en fertilizantes (uno de los mayores costes de cultivo).

Además, la fertilización variable es una técnica óptima para contaminar menos, y practicar una agricultura más sostenible y rentable.

3.5. Incorporación de materia orgánica al suelo.

Esta técnica se presenta con un amplio catálogo de objetivos:

- Mantiene y fomenta la fertilidad de los suelos, y aumenta la materia orgánica de los mismos.
- Supone una reducción de las cantidades a aplicar de nitrógeno mineral y, por tanto, un incremento en el margen bruto de las cosechas.
- Además previene la erosión del suelo y mejora su estructura, maximizando el uso eficiente del agua mediante la reducción de las pérdidas de agua por escorrentía.

Además de las medidas relacionadas con la disminución del laboreo el agricultor puede incrementar los inputs de materia orgánica, bien a través del aporte de residuos o materiales orgánicos de origen externo o bien a través de un aumento del retorno al suelo de residuos de cosecha. No obstante, el efecto de estas prácticas es muy dependiente del tipo de clima.

Igualmente es conocido que el aporte de materiales orgánicos, supone una ventaja adicional ya que promueve la liberación gradual de nutrientes útiles para el cultivo. Optimizar la fertilización, especialmente nitrogenada, teniendo en cuenta estos aportes, es un reto fundamental para la sostenibilidad de los sistemas, ya que un exceso de nitrógeno, supone un riesgo ambiental.

3.6. Agricultura ecológica.

Existen numerosas publicaciones sobre los beneficios de la producción ecológica de cultivos herbáceos en zonas de secanos áridos o semiáridos. El objetivo será alcanzar una producción sostenible en el tiempo, donde determinados insumos se han sustituido por el empleo de los propios residuos, técnicas de rotación y la recuperación integral del equilibrio del agrosistema mediante la reintroducción de cultivos mejorantes del suelo, como las leguminosas.



Para gestionar correctamente un sistema agrario tan complejo, hay que estudiar los elementos y procesos que intervienen en su constitución y funcionamiento, para poder elaborar estrategias y técnicas agronómicas rentables y respetuosas con el medio ambiente.

En estos ámbitos tan definidos, se ha obtenido información valiosa sobre procesos de degradación de suelos en ecosistemas de ambientes mediterráneos, estudios de especies y ecotipos de plantas herbáceas y arbóreas autóctonas, encaminados a la mejora de zonas degradables o aumentar la diversidad, empleo de diferentes fuentes naturales de materia orgánica, o el cambio climático y su efecto en fauna y flora.

Es de destacar su vinculación al territorio y su capacidad para aplicar mejores prácticas ambientales junto con un elevado nivel de biodiversidad y de preservación de los recursos naturales

3.7. Reducir el tiempo con suelo desnudo

El impacto de las gotas de lluvia sobre los suelos desnudos provoca el arranque de las partículas de la superficie del suelo, que son precisamente las más fértiles, propiciando su pérdida por erosión, tanto laminar como por regueros y cárcavas. Esta medida tiene especial interés en suelos con cierta pendiente, pues cuanto mayor sea la longitud de la pendiente y la inclinación de un terreno, mayor susceptibilidad tiene a los efectos de la erosión hídrica o eólica. Cabe destacar que cuanto mayor sea la densidad de las cubiertas vegetales (barbechos con cubiertas), el suelo estará más protegido, y en consecuencia habrá menos erosión. Es fundamental que los agricultores puedan disponer de productos de control de las malas hierbas.